

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Hassiba Benbouali de Chlef

Faculté Génie civil et d'architecture.

Département d'Hydraulique



THÈSE

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT

Filière : Hydraulique.

Spécialité : Hydraulique.

Par

Youcef BENMOUSSA

Thème :

L'EAU DANS LES OASIS DE LA SAOURA : ENJEUX ÉCOLOGIQUES ET DÉVELOPPEMENT AGRICOLE.

Soutenue le 15/02/2024, devant le jury composé de :

| | | | |
|------------------|------------|------------|----------------|
| Karim EZZIANE | Professeur | UHB. Chlef | Président |
| Boualem REMINI | Professeur | USD. Blida | Rapporteur |
| Saaed HAMOUDI | Professeur | UHB. Chlef | Co- Rapporteur |
| Toufik BOUZIANE | Professeur | UMK Biskra | Examineur |
| Ayoub ZEROUAL | MCA | ENSH Blida | Examineur |
| Yamina ELMEDDAHI | MCA | UHB. Chlef | Examineur |

ملخص

في مطلع السبعينات من القرن الماضي قامت الجزائر ببناء سد جرف التربة لاستصلاح المحيط الفلاحي لسهل العبادلة بمنطقة قير والذي تقدر مساحته ب 5400 هكتار (الجنوب الغربي الجزائري). حيث يندرج هذا المشروع الضخم في إطار سياسات الاستصلاح التي انتهجتها الجزائر.

تموضع هذا السد يمنع الجريان الطبيعي لوادي الساورة والذي تتم نشأته بتلاحم الواديين: وادي قير وزوزفانة عبر منطقة اقلي. حيث أن نسبة 80% من تدفق هذا الواد آتية من وادي قير أما النسبة الباقية فتتدفق من خلال وادي زوزفانة. الانخفاض الحاد في تدفق جريان وادي الساورة (الشران الرئيسي في الجنوب الغربي) قلب التوازن البيئي لواحات الساورة رأسا على عقب. حيث تم تسجيل انخفاض شديد في مستوى سطح المياه الجوفية وزيادة مذهلة في نسبة الملوحة. هذه الوضعية الجديدة تسببت في نضوب الآبار وجفاف نظام السقي بالفقارة المعتمد في الواحات الواقعة في مصب وادي الساورة. الانتشار الفوضوي للآبار العميقة المزودة بمضخات ذات محركات زاد الوضع سوءًا. تم تسجيل نسبة ملوحة جد مرتفعة خاصة في منطقة بني عباس حيث وصلت إلى 2868 مع/ل حيث تعتبر هذه النسبة جد مرتفعة لما هو معتمد من طرف منظمة الصحة العالمية (1000مع/ل).

أكثر من نصف العينات التي تم جمعها على مستوى بني عباس تدخل ضمن فئة C3S1 التي تخص المياه الارتفاع الملوحة والمنخفضة القلونية في نفس الوقت مما يجعلها غير صالحة للزراعة. من جهة أخرى فإن ضغط تعداد السكان المتزايد والتحول الاجتماعي والاقتصادي تضاف إلى هذه التحديات الكبرى التي يواجهها نظام الواحات. كل هذه العناصر تسببت في سلسلة متوالية من التأثيرات، مما أدى إلى اضطراب كبير في إمكانات المياه في الساورة.

التنافس على الموارد المائية ليس فقط في القطاع الزراعي بين وسائل الضخ التقليدية والحديثة ولكن أيضًا من قبل القطاعات الأخرى المستهلكة للمياه مثل السياحة وانتشار الأمراض الفطرية مثل (البيوض). كل هذه القيود القديمة أو الجديدة تضعف التوازنات الناتجة عن عمل سكان الواحات لأجيال عديدة. إن الحفاظ على هذه التوازنات، وحماية الواحات وبساتين النخيل، وإعادة تأهيلها أو إنشاء أخرى جديدة تمثل القضايا الرئيسية التي يجب طرحها لضمان التنمية المستدامة في هذه المنطقة التي تشتهر بهشاشة النظام البيئي لواحاتها.

الكلمات الدالة

واحة، بستان النخيل، الساورة، قير، زوزفانة، مياه جوفية، ملوحة، سد، تنمية.

Résumé :

Depuis le début des années 1970s, l'Algérie a réalisé le barrage Djorf Torba à l'exutoire du bassin versant Guir pour la mise en valeur du périmètre agricole d'Abadla d'une superficie de 5400ha (Sud-Ouest Algérien). Ce mégaprojet est entamé dans le cadres des réformes agraires qu'a connus le pays. L'implantation de Cet ouvrage barre l'écoulement naturel d'Oued Saoura qui est le résultat de confluence d'Oued guir et Zousfana. En effet 80% du débit total de ce Oued est drainé par l'Oued Guir, les 20 % provienne de l'oued Zouzfana. La diminution appréciable des écoulements superficiels d'oued Saoura (principal Artère dans la région) a bouleverser l'écosystème oasien de la région. On a enregistré un rabattement important de la nappe phréatique et augmentation spectaculaire de la salinité des eaux. En effet les valeurs moyennes des sels dissous à l'oasis de Kerzaz et Béni Abbas sont respectivement 605mg/l et 2868 mg/l. ces valeurs dépasse les limites de l'OMS (1000mg/l). Plus de la moitié des échantillons prélevés à béni Abbas présentent une qualité médiocre à l'irrigation (58% des échantillons sont de type C3S1 indiquant une grande salinité et faible alcalinité). Cela est expliqué par la dissolution des sels contenues dans les formations quaternaires, l'évaporation intense dans les puits abandonnés de grandes diamètres et La remontée des eaux de l'inféro-flux chargées en sels par pompage et phénomène de diffusion.

En outre, la pression démographique et les mutations socio-économiques se rajoutent à ces contraintes que doit faire face le système oasien. Tous ces éléments ont déclenché une succession d'effets, perturbant énormément le potentiel hydrique de la Saoura. La concurrence pour les ressources en eau non seulement dans le domaine agricole entre les moyens d'exhaure traditionnels et modernes mécanisées mais aussi par d'autre secteur consommateur d'eau tel que le tourisme et le développement des maladies cryptogamiques (Bayoud).

Toutes ces contraintes anciennes ou nouvelles fragilisent les équilibres issus des travaux des Oasiens depuis de nombreuses générations. Maintenir ces équilibres, sauvegarder les oasis et les palmeraies, les réhabiliter ou en créer de nouvelles représentent les enjeux majeurs à soulever pour assurer un développement durable dans cette région réputée par la fragilité de son écosystème oasien.

Mot clés :

Oasis, palmeraie, Saoura, Guir, Zousfana, nappe phréatique, salinité, barrage, développement.

Abstract

Since the beginning of the 1970s, Algeria has built the Djorf Torba dam at the outlet of the Guir watershed for the development of the agricultural perimeter of Abadla with an area of 5400ha (South-West Algeria). This megaproject is initiated within the framework of the agrarian reforms experienced by the country. The location of this structure blocks the natural flow of Oued Saoura which is the result of the confluence of Oued Guir and Zousfana. Indeed 80% of the total flow of this Oued is drained by Oued Guir, 20% comes from Oued Zouzfana. The appreciable decrease in superficial flows from Oued Saoura (main artery in the region) has turned the oasis ecosystem of the region upside down. There has been a significant drop in the water table and a spectacular increase in water salinity. Indeed the average values of dissolved salts at the oasis of Kerzaz and Béni Abbes are respectively 605mg/l and 2868 mg/l. these values exceed the WHO limits (1000mg/l). More than half of the samples taken at Beni Abbés show poor quality on irrigation (58% of the samples are C3S1 type indicating high salinity and low alkalinity). This is explained by the dissolution of the salts contained in the quaternary formations, the intense evaporation in the abandoned wells of large diameters and the rise of the waters of the infero-flow loaded with salts by pumping and the phenomenon of diffusion. In addition, demographic pressure and socio-economic changes add to these constraints that the oasis system must face. All these elements triggered a succession of effects, greatly disturbing the water potential of the Saoura. Competition for water resources not only in the agricultural sector between traditional and modern mechanized pumping means but also by other water-consuming sectors such as tourism and the development of cryptogamic diseases (Bayoud).

All these old or new constraints have weakened the balance resulting from the work of Oasis residents for many generations. Maintaining these balances, safeguarding the oases and palm groves, rehabilitating them or creating new ones represent the major issues to be raised to ensure sustainable development in this region renowned for the fragility of its oasis ecosystem.

Key words :

Oasis, palm grove, Saoura, Guir, Zousfana, water table, salinity, dam, development.

Table des matières

page

ملخص Abstract & Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Introduction générale.....

Chapitre I agroécosystème du Sahara

| | |
|--|----|
| 1. introduction | 01 |
| 2. Définition | 07 |
| 2.1 Plan géographique | 07 |
| 2.2 Plan bioclimatique | 07 |
| 2.3 Plan agronomique | 07 |
| 2.4 Plan socio-économique | 08 |
| 3. Système oasien | 08 |
| 4. Effet oasis | 09 |
| 5. microclimat | 09 |
| 6. typologie des oasis | 09 |
| 6.1 Selon l'histoire d'oasis | 09 |
| 6.2 Selon L'accès à l'eau et la situation géographique | 11 |
| 6.2.1 Oasis intradésertique | 11 |
| 6.2.2 Oasis de piémont (pourtour méditerranéen, route de la soie, Yémen) | 12 |
| 6.2.3 Oasis de plaine | 12 |
| 7. Fonctions des oasis | 13 |
| 7.1 Production | 13 |
| 7.2 résidence | 14 |
| 7.3 Passage et escale | 14 |
| 8. Oasis dans le monde | 14 |
| 9. Oasis dans l'Algérie | 15 |
| 10. Conclusion | 16 |

Chapitre II contexte générale de la région d'étude

| | |
|---|----|
| 1. introduction | 18 |
| 2. contexte géographique | 18 |
| 3. relief | 19 |
| 3.1 Erg | 19 |
| 3.2 Reg | 20 |
| 3.3 Hamada | 21 |
| 3.4 Vallée et Sebka | 21 |
| 3.5 Daïas | 21 |
| 3.6 Montagnes | 21 |
| 3.7 Oueds : | 21 |
| 4. Hydrologie de surface | 21 |
| 4.1 Bassin de l'oued Guir | 22 |
| 4.2 Bassin de l'oued Zousfana | 23 |
| 4.3 Bassin de l'oued Saoura | 23 |
| 4.4 Bassin de l'Oued Bechar | 24 |
| 5. Climatologie | 24 |
| 5.1 Température | 26 |
| 5.2 Précipitation | 29 |
| 5.2.1 Répartition mensuelle | 31 |
| 5.2.2 Répartition interannuelle | 31 |
| 5.3 Vents | 33 |
| 5.4 Humidité | 34 |
| 5.5 Nébulosité | 35 |
| 5.6 Insolation | 36 |
| 5.7 Indice d'aridité | 36 |
| 5.7.1 Climagramme d'Emberger | 36 |
| 5.7.2 Indice d'aridité de Marton | 38 |
| 5.8 Evapotranspiration | 39 |
| 6. Hydrogéologie | 40 |
| 6.1 Aquifère paléozoïque : | 40 |
| 6.2 Aquifère des terrasses et d'inféro-flux (crétacé) : | 40 |

| | |
|--|----|
| 6.3 Aquifère de la hamada du Guir : | 40 |
| 6.4 Aquifère du grand Erg occidental : | 41 |
| 7. Fonctionnement du système aquifère | 41 |
| 8. Géologie | 42 |
| 8.1 Stratigraphie : | 43 |
| 9. Conclusion | 45 |

Chapitre III : Etat des lieux des oasis de la Saoura

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 45 |
| 2. Situation géographique des oasis de la Saoura | 45 |
| 3. Démographie et socio-économie | 46 |
| 3.1 Population | 46 |
| 3.2 Age | 48 |
| 3.3 Niveau d'instruction | 49 |
| 4. Superficie (Surface irriguée) | 49 |
| 5. Production agricole | 50 |
| 6. Système d'irrigation | 52 |
| 6.1. La khottara | 52 |
| 6.2 Foggaras | 58 |
| 7. Enjeux et problèmes | 60 |
| 7.1 Salinité | 60 |
| 7.2 Effondrement | 61 |
| 7.3 ensablement | 62 |
| 7.4 Surexploitation de la nappe | 62 |
| 7.5 Changement climatique | 63 |
| 7.6 Dégradation de l'espace oasien et expansion démographique | 63 |
| 8. Conclusion | 67 |

Chapitre IV : étude comparative avant et après la construction du barrage Djorf Torba.

| | |
|--|----|
| 1. Introduction | 70 |
| 2. Barrage Djorf Torba | 71 |
| 3. Situation géographique du bassin versant de l'Oued Guir | 72 |
| 4. Caractéristiques du bassin versant de l'oued Guir | 74 |
| 4.1 Paramètres géométriques | 74 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Relief | 74 |
| 4.2.1 Courbe hypsométrique | |
| 5. Eaux de la Saoura avant et après construction du barrage Djorf Torba | 76 |
| 6. Paramètres hydrodynamiques | 76 |
| 6.1 Profondeur (piézométrie) | 76 |
| 6.2 Débit | 77 |
| 6.3 Nombre et durée annuel des crues | 78 |
| 7. Paramètres hydro chimiques | 79 |
| 7.1 Résidu sec (minéralisation) | 80 |
| 7.2 Taux d'absorption du Sodium (SAR) | 83 |
| 8. Conclusion | 85 |

Chapitre V : perspectives et recommandations

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 86 |
| 2. Démarches pratiques à entreprendre : | 86 |
| 3. Conclusion | 88 |
| Conclusion générale | 89 |
| Références bibliographique | 91 |

Liste des figures

| | page |
|---|------|
| Figure I.1 : systèmes oasisien. | 9 |
| Figure I.2 : Oasis traditionnelle (a) et oasis modernes (b) | 10 |
| Figure I.3 : oasis intra désertique avec foggara | 11 |
| Figure I.4 : oasis de piémont | 12 |
| Figure I.5 : Oasis de pleine. | 13 |
| Figure I.6 : répartition des oasis dans le monde | 15 |
| Figure I.7 : répartition des oasis dans l'Algérie. | 16 |
| Figure II.1 : situation géographique de la région d'étude. | 19 |
| Figure II.2 : les importants Erg dans le bassin versant de la Saoura. | 20 |
| Figure II.3 : Hydrographie et pluviométrie du bassin de la Saoura et de la partie Ouest du Grand Erg Occidental. | 22 |

| | |
|---|----|
| Figure II.4 : localisation géographique des stations hydrologique dans le bassin versant de la Saoura. | 25 |
| Figure II.5a : température mensuelle à Béni Abbés (1926-1950). | 27 |
| Figure II.5b : température mensuelle à Béni Abbés (1970-1998). | 28 |
| Figure II.6a : température mensuelle à Béchar (1926-1950). | 28 |
| Figure II.6b : température mensuelle à Béchar (1970-1998). | 29 |
| Figure II.7 : Hydrographie et pluviométrie du bassin de la Saoura et de la partie Ouest du Grand Erg Occidental. | 30 |
| Figure II.8 : précipitation mensuelle pour les 03 stations (Béchar, Abadla et Béni Abbes). | 31 |
| Figure II.9a : Variation interannuelle des précipitations aux stations de Béchar et Béni Abbés (1970-2001). | 32 |
| Figure II.9b : Variation interannuelle des précipitations aux stations d'Abadla (1981-2000). | 32 |
| Figure II.10 : Rose des vents à Béni-Abbès Période 1970-1988. | 34 |
| Figure II.11 : répartition mensuelle de l'humidité relative en pourcentage aux stations de Béchar (1952-1973) et Béni Abbés (1970-1996). | 35 |
| Figure II.12 répartitions mensuelle de l'insolation à Béni Abbès. | 36 |
| Figure II.13 : Climagramme de L'Emberger. | 38 |
| Figure II.14 : esquisse schématique du fonctionnement du système aquifère dans le bassin versant de la Saoura. | 42 |
| Figure II.15 : Coupe à travers la vallée de la Saoura, à Hemama près de Béni-Abbès montrant les terrasses saouriennes de la rive gauche. | 44 |
| Figure II.16 : Coupe à travers la vallée de la Saoura à Hemama, près de Béni-Abbès, montrant les terrasses guiriennes. | 44 |
| Figure III.1 : situation géographique des oasis de la Saoura. | 46 |
| Figure III.2 : superficie phoenicicole par commune au niveau des oasis de Bechar | 50 |
| Figure III.3 : nombre de palmier dattier par commune. | 51 |
| Figure III.4 : type de khottara au niveau des oasis de Bechar. | 53 |
| Figure III.5 puits à balancier. | 54 |
| Figure III.6 axe de rottation d'une khottara. | 57 |
| Figure III.7 delou à double perches d'une khottara. | 58 |
| Figure III.8 : schéma de fonctionnement d'une foggara. | 59 |
| Figure III.9 foggara et ses différentes seguias. | 60 |
| Figure III.10 évolution temporelle de la salinité dans les oasis de Mazzer et Iglli | 61 |

| | |
|---|----|
| Figure III.11 : besoins et disponibilité en eau dans l'oasis de Béni Abbès. | 64 |
| Figure III.12 : implantation trop serrée des palmiers. | 65 |
| Figure III.13 : processus de dégradation du milieu oasien dans le Sahara | 66 |
| Figure IV.1 : carte de localisation et des points d'eau échantillonnés. | 71 |
| Figure IV.2 : barrage Djorf Torba. | 72 |
| Figure IV.3 bassin versant d'Oued Guir. | 73 |
| Figure IV.4 courbe hypsométrique du bassin versant Guir. | 75 |
| Figure IV.5 Variation de la profondeur des eaux typiques de l'Erg le long de la Saoura. | 77 |
| Figure IV.6 : Apport liquide de l'Oued Saoura après la construction du barrage Djorf Torba. | 79 |
| Figure IV.6 évolution du résidu sec dans les oasis de la Saoura. | 81 |
| Figure IV.7 : histogramme des teneurs en résidu sec 1966 et 2013. | 82 |
| Figure IV.8 : Esquisse de la zonation des sels dans le compartiment oriental de la vallée de la Saoura. | 83 |
| Figure IV.9 : diagramme de salinité et conductivité (US salinity diagram) des eaux de la Saoura (Béni Abbés et Kerzaz 2018). | 84 |

Liste des photos

| | |
|---|------------|
| Photo III.1 : quelques puits à balancier des oasis de Bechar. | page 55 |
| Photo III.2 balancier d'une khottara. | 56 |
| Photo III.3 Khottara effondrée lors de la crue de 2008. | 61 |
| Photo III.4 Ensablement des Khottaras dans l'oasis de l'Ouata. | 62 |
| Photo III.5 ensablement d'une foggara à guerzim (beni abbes) Foggara abandonnée de zghamra à béni abbés. | 62 |

Liste des tableaux

| | |
|--|------------|
| Tableau I.1 : différences entre oasis traditionnelle et moderne. | page 11 |
| Tableau II.1 : coordonnées des différentes stations climatologiques. | 25 |
| Tableau II.2 : températures mensuelles et annuelles pour la région de Béni Abbés. | 26 |
| Tableau II.3 : températures mensuelles et annuelles pour la région de Béchar. | 27 |
| Tableau II.4 : précipitation mensuelle pour les 03 stations (béchar, Abadla et Béni | 31 |

Abbes)

| | |
|--|----|
| Tableau II.5 : précipitations annuelles aux trois stations (Béchar, Abadla et Béni Abbes). | 32 |
| Tableau II.6 : Répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative en pourcentage à Béni-Abbès et Béchar. | 34 |
| Tableau II.7 : répartition mensuelle de la nébulosité aux stations de Bechar et Béni Abbés. | 35 |
| Tableau II.8 : paramètres du climagramme d'emberger pour Béchar, Abadla et Béni Abbes. | 37 |
| Tableau II.9a : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Bechar 1950) | 39 |
| Tableau II.9b : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Bechar 1975-2002) | 39 |
| Tableau II.9c : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Béni Abbés 1950) | 39 |
| Tableau II.9d : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Béni Abbes 1973-2008) | 39 |
| Tableau III.1 : répartition spatiale de la population de la wilaya de Bechar | 47 |
| Tableau : moyenne des tranches d'âge au niveau des palmerai de la Saoura | 48 |
| Tableau IV.1 : paramètres géométrique du bassin versant de Guir | 74 |
| Tableau IV.2 : caractéristiques du relief du bassin versant de Guir | 74 |
| Tableau IV.3 : Altitude et surface relatives du bassin versant de Guir. | 75 |
| Tableau IV.4 : apport liquide de la Saoura avant et après construction du barrage Djorf Torba. | 76 |
| Tableau IV.5 : débits de quelques points d'eau dans les oasis de la Saoura. | 77 |
| Tableau IV.6 : nombre et durée moyennes des crues de l'Oued Saoura avant et après la construction du barrage Djorf Torba. | 77 |
| Tableau IV.7 : analyses hydro chimiques des eaux souterraines de la Saoura (Oasis de Béni Abbès). | 82 |
| Tableau : taux d'absorption du Sodium à Kerzaz et Béni Abbès (2018) | 84 |

Introduction

Avec une superficie de 2381741 km² l'Algérie occupe la 1^{ère} place en Afrique et la 10^{ème} au monde ; cette immense étendue de surface a fait de l'Algérie un pays avec 4 saisons dans le même temps. 85% de cette immense superficie représente un désert (2156000 km²) où vivent seulement un peu plus de 3 millions d'habitants répartis sur les wilayas suivantes : Adrar, Laghouat, Biskra, Béchar, Tamanrasset, Ouargla, Illizi, El Oued, Ghardaïa, El Bayadh, Naama et Tindouf.

Malgré ce vaste territoire riche en ressources hydriques souterraines, La facture annuelle des importations alimentaire ne cesse d'augmenter, elle atteint en 2013 les 10,27 milliards de dollars. En 2015, elle augmente de 7,3%. Ces chiffres confirment que la sécurité alimentaire de l'Algérie n'est pas assurée malgré tous les programmes notamment dans le secteur de l'agriculture.

Parmi les projets géants que l'Algérie a menés pour faire avancer le secteur agricole et parvenir au développement durable est la réalisation du Barrage Djorf Torba dans le sud-ouest du pays. Ce projet avait pour principal objectif d'assurer l'irrigation du périmètre agricole de la plaine d'Abadla.

La réalisation de ce gigantesque aménagement hydraulique vient de combler le déficit hydrique dans la région, puisque la plaine d'Abadla fait partie de la région saharienne dont les précipitations ne dépassent pas les 50mm/an avec un taux d'évaporation annuel assez élevé (1,5 à 2m/an). Cette situation climatique défavorable est accentuée par le manque de réserves en eaux souterraines qui peuvent remplacer la rareté des eaux de surface. La seule source en eau pour satisfaire les besoins de l'agriculture durant toute la saison agricole est fournie par l'Oued Guir mais de façon très irrégulière. En effet la crue annuelle de cet Oued est estimée à 1500m³/s, celui de la crue décennale à 2500m³/s et celui de la crue centennale à 5000m³/s.

Pour récupérer ce potentiel hydrique provenant de ces crues inexploité, une seule solution se présentait à cette époque : construire un barrage afin de créer un lac artificiel capable de satisfaire les besoins en eau nécessaire pour la mise en valeur du périmètre agricole d'Abadla d'une superficie de 5400ha. Les travaux du barrage ont débuté en 1965, achevés en 1969 et la mise en service de cet aménagement a été en 1971. Le barrage se situe dans la région Dorf Torba d'où il prend son nom, distant de 60km à l'Ouest de Béchar et à 40km en amont de Abadla au Nord. La côte de la retenue normale est à 700m permettant d'emmagasiner un volume d'eau annuel de 280 millions de m³.

Après quelques années d'exploitation, l'inquiétude de l'impact environnemental liée à ce barrage est remontée en surface ; l'écosystème de la région en aval était chamboulé en effet l'implantation de ce barrage sur l'Oued guir lequel draine 80% du débit total de l'Oued Saoura et les 20% restant provient de l'Oued Zousfana. Cette nouvelle situation a fragilisé le système oasien car la diminution appréciable des écoulements superficiels dans Oued Saoura accompagnée du rabattement de la nappe phréatique a accéléré le tarissement des foggaras de la Saoura situées en aval du barrage. Ce rabattement significatif de la nappe est aggravé par le prolifération de forages équipés de motopompes dans le cadre du programme de l'accession à la propriété foncière agricole (APFA) en 1983.

Les sédiments chargés en matières nutritives très utiles pour l'amendement naturel des sols sensés se déposer dans les jardins des oasis se trouvent actuellement au fond du barrage faute de « ruissellement » qui est l'agent fertiliseur le plus important au désert, sans lui les faibles précipitations ne peuvent humecter suffisamment les sols desséchés du Sahara.

On est amené à se demander si la création d'un tel ouvrage comme le barrage Djorf Torba n'est pas à déconseiller en ces régions sahariennes réputées par la fragilité de leur écosystème. C'est dans ce contexte général que s'inscrit notre étude intitulée : **l'eau dans les oasis de la Saoura : enjeux écologique et développement durable.**

Notre problématique s'articule autour des questions suivantes :

- la dégradation des oasis de la Saoura est-elle liée directement à la construction de ce barrage ?
- Existents-ils d'autres facteurs qui contribuent à la disparition des palmeraies et à la dégradation de l'écosystème de la région ?

Le traitement de ces questions l'avons axé sur les démarches suivantes :

- Analyser les phénomènes du milieu naturel soupçonnés de dégradation des palmeraies.
- Connaitre les pratiques et attitudes des populations locales ayant accentué ce phénomène (socio-économiques).
- Inclure les nouvelles techniques dans le système d'agriculture traditionnel tout en prenant soins des habitudes ancestrales et assurant en même temps un développement croissant et durable.

À partir des données collectées auprès de la direction des services de l'agriculture de la willaya de Béchar et ses subdivisions et après les constats faits sur terrain certaines questions s'affichent en premier plan :

- Le bouleversement de l'écosystème oasien par la construction du barrage concerne le volet quantitatif ou qualitatif de la ressource en eau souterraines ou les deux à la fois ?
- Quel sont les autres causes d'ordre sociale et technique qui accélèrent la dégradation du système oasien et entrave le développement durable dans la région.

La réponse à ces questions nous conduit à poser les hypothèses de notre travail de recherche comme suit :

Hypothèse I :

Ce sont des phénomènes naturels qui sont à l'origine de la dégradation des oasis de la Saoura. L'assèchement de l'Oued Saoura suite à la construction du Barrage Djorf Torba a conduit à la disparition des oasis de la Saoura. 200millions de m³ sont stockés dans le barrage ce qui diminue d'une façon appréciable les écoulements superficiels engendrant non seulement un rabattement important de la nappe phréatique mais aussi une grande salinité. Ceci est globalement dû à la surexploitation de la nappe d'une part, l'évaporation intense en l'absence de pluie d'autre part, faisant ainsi appel aux eaux de l'inféro-flux de l'oued de plus en plus chargées en sel. Ce phénomène s'est accentué suite à la construction du barrage de Djorf Torba en amont de la vallée, retenant de ce fait les eaux douces qui s'écoulaient à travers l'oued et contribuaient à la dilution des eaux de la nappe des terrasses quaternaires. Donc l'absence de l'écoulement dans l'oued Saoura qui serait la cause principale de cette salinité alarmante des eaux de l'inféro-flux où sont implantés les puits et les foggaras des palmeraies.

Hypothèse II

Ce sont des phénomènes d'ordre social et économique qui sont à l'origine de la disparition des palmeraies de la Saoura. En effet L'absentéisme des agriculteurs et les désaffectations des jeunes générations contribue à La dégradation du système oasien. Ce phénomène est le résultat d'une politique de l'état qui a investi de grosses sommes à des prix alléchants dans le cadre du programme de la mise en valeur des périmètres agricoles. Cette politique basée sur des Facilités bancaires et de soutien à l'agriculture sans un véritable encadrement et suivi a influencé négativement sur le développement des oasis. D'autre part ce programme de mise en valeur a éliminé le système de métayage très pratiqué dans les oasis ; en effet une proportion de petits propriétaires qui employaient auparavant les métayers se sont mis à cultiver leurs terres eux-mêmes, certains sont devenus ouvriers saisonniers et sont absents de la palmeraie plusieurs mois dans l'année et le problème de l'exode des jeunes qui migrent vers

les centres urbains pour améliorer leurs salaires vient accélérer la dégradation des palmeraies de la Saoura.

Hypothèse III

C'est les deux phénomènes (naturel et socio-économique) conjointement qui ont contribué la disparition du système agricole oasien. En effet la diminution appréciable de l'écoulement dans l'oued Saoura après la construction du barrage djorf torba et ses conséquences en terme quantitatif et qualitatif sur les ressources hydriques dans la région. En ajoutées à cela les mutation socio-économiques qu'a connu le pays ont encouragé l'absentéisme et le délaissement en général du travail de la terre et la culture dans le milieu oasien.

La thèse est structurée autour de ces hypothèses selon 5 chapitres :

Chapitre I :

Englobe une synthèse bibliographique sur les différents systèmes oasiens et la répartition spatial des oasis à travers le monde et les principales oasis en Algérie.

Chapitre II

Présente le contexte général de la région à travers la situation géographique, climatologique, hydrologique, hydrogéologique et de géologie régional de la région.

Chapitre III

Fait le point sur l'état des lieux des principales oasis de la Saoura et présente les différents enjeux et problèmes rencontrés dans le fonctionnement du système d'agriculture oasien.

Chapitre IV

Donne une comparaison de la situation des oasis de la Saoura avant et après la construction du barrage Djorf Torba et ce pour apprécier l'impact de ce dernier sur la dégradation des palmeraies situées en aval de celui-ci.

Chapitre V

A l'issu des remarques et discussions des résultats trouvés, ce chapitre synthétise les démarches principales représentant les grandes lignes d'un programme de remède et de démarches pour la sauvegarde des oasis de la Saoura.

Chapitre I : Agroécosystème du Sahara.

1. Introduction

L'oasis peut être considérée comme un îlot de survie dans un environnement agressif pour la population qui y vivent, sous le palmier dattier, plante souvent majeure de production oasien, peuvent s'organiser plusieurs étages de cultures grâce au micro climat créé par les dattiers (**Riou 1988**).

2. Définition

- L'oasis peut se définir comme un écosystème développé autour d'un point d'eau dans le désert. De façon très générale, l'oasis est une forme d'occupation de l'espace en milieu désertique ou semi-désertique. Elle est caractérisée par une mobilisation ponctuelle de ressources en eau et par la formation d'écosystèmes particuliers, résultant de l'activité humaine (**Lazarev, 1988**).
- L'oasis, lieu caractéristique des régions arides ou semi-arides, où la vie végétale et animale peut se développer grâce à l'action de l'homme, qui peut ainsi vivre sédentairement dans un milieu climatique hostile.
- L'oasis est un milieu bioclimatique artificiel développé à partir d'un site naturel préexistant qui rompt avec l'aridité environnante en transformant l'ambiance climatique au niveau du sol et dans la basse atmosphère"
- L'oasis C'est un mot grec qui dérive de l'égyptien et qui correspond, dans le désert, à une petite région où la présence de l'eau permet la culture. On compare le désert à une mer dans laquelle l'oasis serait une île ; ainsi l'oasis serait un îlot de verdure dans un désert.

Les oasis et les systèmes agricoles oasiens ont été définis et caractérisés suivant différentes approches selon Skour (1990) :

2.1 Plan géographique :

L'oasis est définie comme un îlot de survie (ou de prospérité) dans un milieu aride,

2.2 Plan bioclimatique :

L'oasis est un microclimat créé par l'homme en milieu aride et induit par l'étagement des cultures,

2.3 Plan agronomique :

Il s'agit d'un agrosystème intensifié établi, dans un espace isolé situé en milieu désertique,

2.4 Plan socio-économique :

Il s'agit d'un lieu de sédentarisation et d'intenses activités économiques et socio-culturelles dans un environnement désertique. Les oasis sont des agrosystèmes patiemment élaborés par ses habitants sous forme de constructions sociales, écologiques et économiques très complexes. Véritables modèles de développement durable, les oasis représentent un écosystème spécifique à protéger.

3. Système oasien

Le système oasien se base sur la datte (culture de rente) et permet de se nourrir grâce aux cultures vivrières 'avec 1,5ha, une famille vit bien si l'eau est là' (.

Les oasis constituent des écosystèmes uniques, construits et maintenus par l'être humain depuis des générations à partir d'une gestion rigoureuse des ressources naturelles. Ces agrosystèmes sont caractérisés par un environnement avec de faibles précipitations (parfois moins de 50 mm par an en zone hyperaride) et une forte amplitude thermique journalière allant de 30° à 60°C, accompagnée de températures nocturnes avoisinant 0°C selon les saisons.

L'oasis traditionnelle se caractérise par la superposition de trois étages végétaux permettant de créer un environnement propice au développement des cultures :

La strate arborée

Avec le palmier dattier qui culmine de 15 à 30 m et dont les feuilles filtrent les rayons du soleil (la tête au soleil, les pieds dans l'eau) évitant une trop forte évapotranspiration liée aux fortes chaleurs et à l'air très sec

La strate arbustive (henné, grenadiers...), des vignes accrochées aux palmiers et des arbres fruitiers (pommiers, orangers, abricotiers, pêchers...)

La strate herbacée avec les plantes basses pour le fourrage (luzerne), le maraîchage avec de nombreuses variétés oasiennes, des plantes aromatiques et médicinales). Les plantes fourragères alimentent les troupeaux qui, par leur fumier, maintiennent la fertilité des sols.

Cette superposition a pour conséquence de créer « **l'effet oasis** », sorte de microclimat interne à l'oasis, créé sous la protection du palmier. Humidité, chaleur et lumière sont ainsi propices au développement des systèmes de culture et d'élevage, optimisant l'espace dans un milieu où les terres fertiles sont rares.

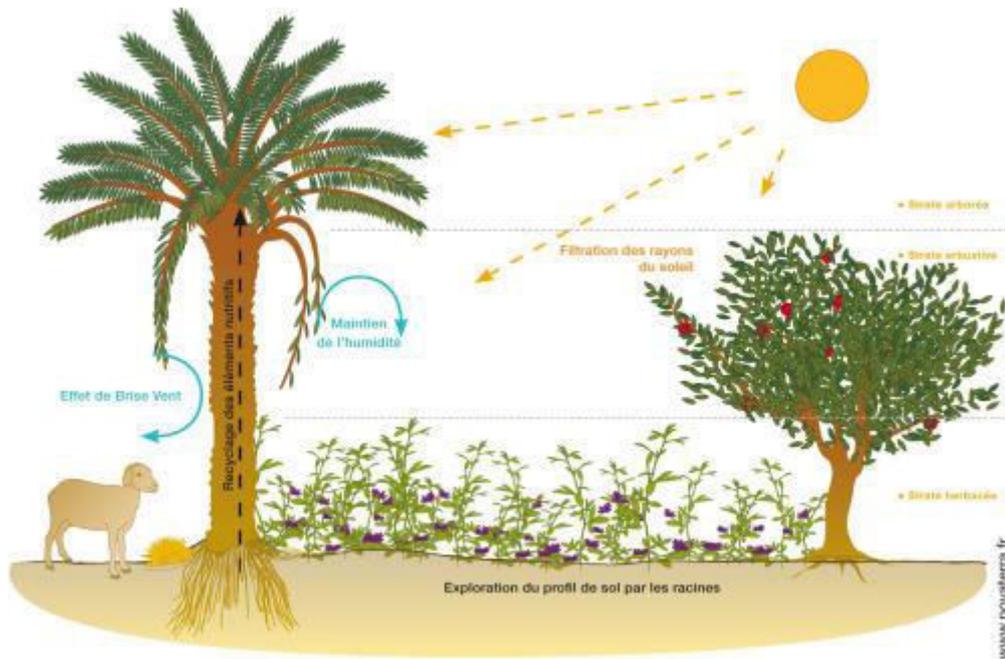


Figure I.1 : systèmes oasien.

4. Effet oasis

L'effet d'oasis est défini comme étant le changement des conditions micro climatologique dans le secteur vert comparé à un autre sans végétation, ce changement est manifesté par des températures plus basses et un taux d'humidité relative plus élevée.

L'effet de « l'oasis » du couvert végétal découle ainsi de l'évaporation qui consomme une importante quantité d'énergie et refroidit l'air (**bourbia 2009**).

5. Microclimat

Le micro climat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très restreinte, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région.

6. Typologie des oasis

Trois critères à prendre en considération pour typer et classer les oasis :

L'accès à l'eau, la situation géographique et l'histoire d'oasis.

6.1 Selon l'histoire d'oasis

Les oasis traditionnelles ou classique présentent une densité important de la population à caractère d'autoconsommation elles présentent une biodiversité marquante et cela sans aucun

ordre apparent. Par contre les oasis modernes sont caractérisées par leur espacement entre palmier bien respecté avec un fort caractère de productivisme (ouverture sur le marché). (Sghaier, 2014).

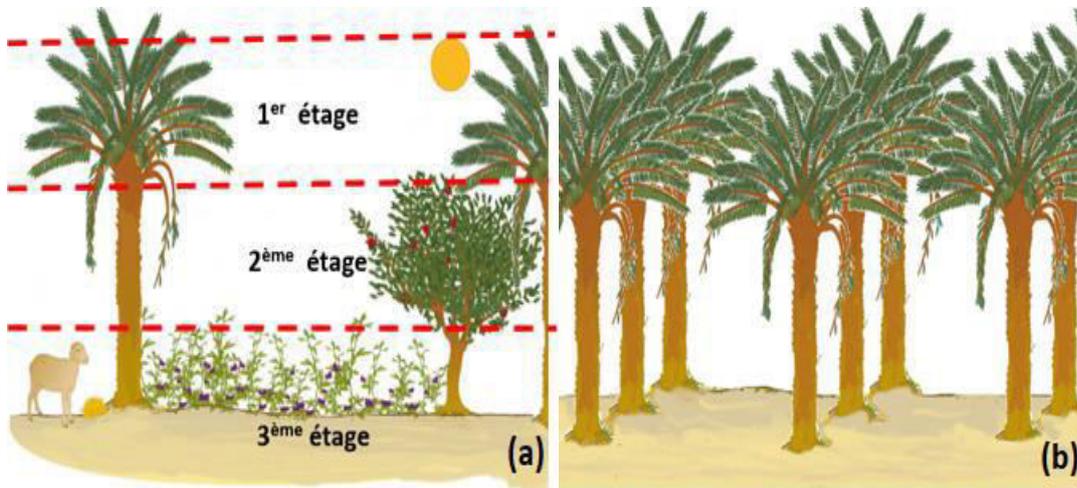


Figure I.2 : Oasis traditionnelle (a) et oasis modernes (b) (Ben Khalfallah C2019)

Toutes les oasis de la Saoura sont de type classique.

Les grandes différences entre les deux types des oasis sont synthétisées dans le tableau suivant (benkhelf ALLAH 2019) :

Tableau I.1 : différences entre oasis traditionnelle et moderne (Sghaier 1996)

| Oasis traditionnelle | Oasis moderne |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Morcellement et taille réduite des exploitations. ➤ Densité importante des palmiers (supérieure à 200 pieds/ha). ➤ Prédominance des variétés communes. ➤ Existence des rapports de production type "Khemmassat" ➤ Système d'irrigation en terre. ➤ Densité importante des arbres fruitiers et grande diversité des espèces. ➤ Importance de l'autoconsommation et peu d'ouverture sur l'environnement socioéconomique. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Taille plus importante des exploitations. ➤ Densité des palmiers (100 à 150 pieds/ha). ➤ Prédominance des variétés dattières rémunératrices (Deglat Nour...). ➤ Rapports de production dominants type salariat et mode de faire valoir direct. ➤ Système d'irrigation en béton. ➤ Ouverture sur les marchés l'environnement socioéconomique. |

6.2 Selon L'accès à l'eau et la situation géographique

6.2.1 Oasis intradésertique

Elles puisent l'eau dans la nappe phréatique au moyen des systèmes ingénieux tel que la foggara, grande faculté d'adaptation, elle abrite une population dense 1000 hab/km², la terre est exploitée intensivement grâce à la superposition des cultures (palmiers, arbre fruitiers et planches de céréales ou légumes et assolement), leur développement est difficile.

Les oasis de la Saoura sont considérées de type Oasis intra désertique.

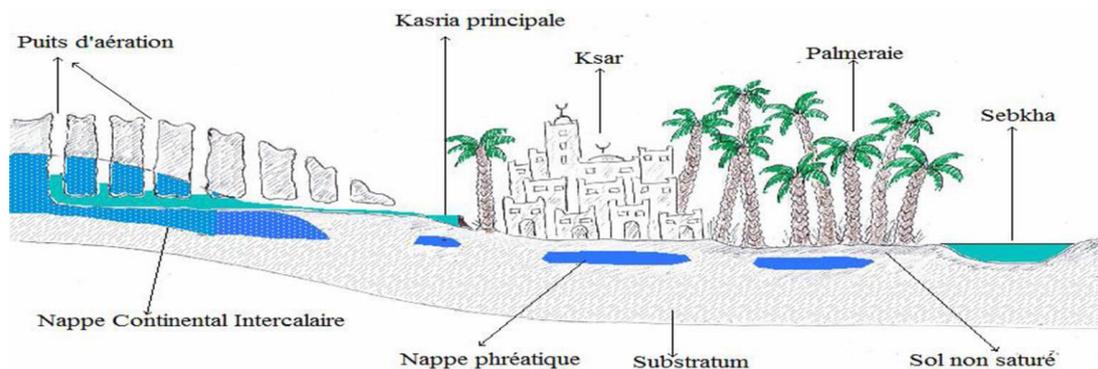


Figure I.3 : oasis intra désertique avec foggara (Remini B et al 2020).

6.2.2 Oasis de piémont (pourtour méditerranéen, route de la soie, Yémen)

Située au pied des montagnes, l'eau est extraite directement aux rivières issues de la montagne par gravité dans des canaux jusqu'aux terres cultivées. Ce système d'irrigation est étroitement lié la saison humide pourtant les conditions climatiques permet la croissance des plantes toute l'année.

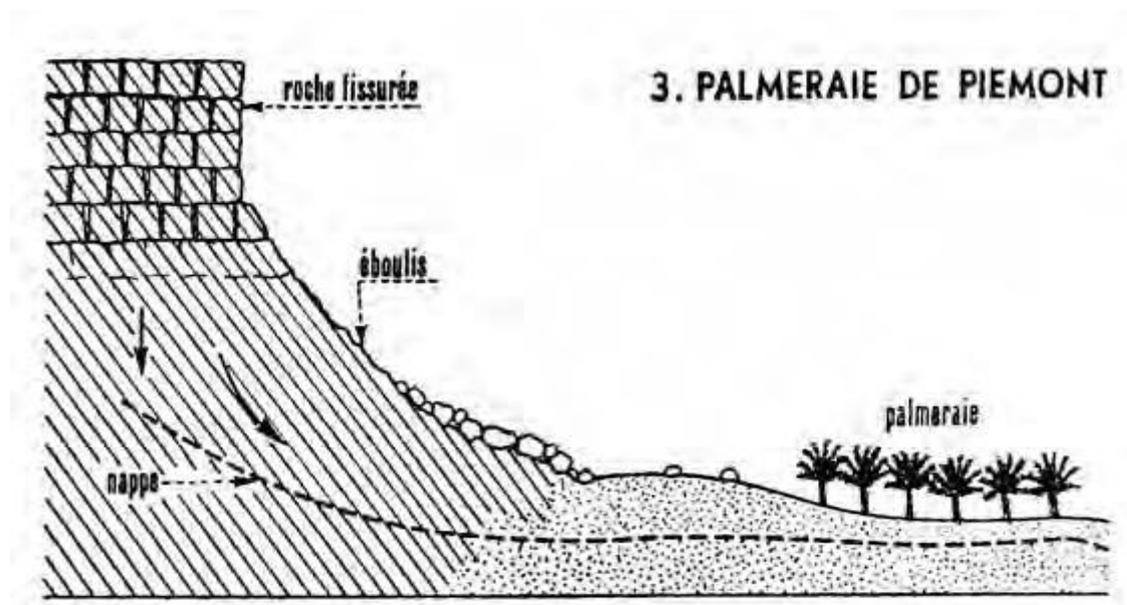


Figure I.4 : oasis de piémont (Bourbia 2009).

Leur développement est lié directement à la possibilité d'aménager un barrage pour régulariser les déficits en eau des saisons sèches ainsi la culture durant toute l'année.

6.2.3 Oasis de plaine

Elles sont irriguées par des barrages qui distribuait en saison sèche l'eau stockée ; elles étaient traditionnellement productrices de cultures vivrières ; elles s'orientent maintenant vers la production de produits commerciaux (dattes, canne à sucre, fruits.) (Jean et Edmond, 2001).

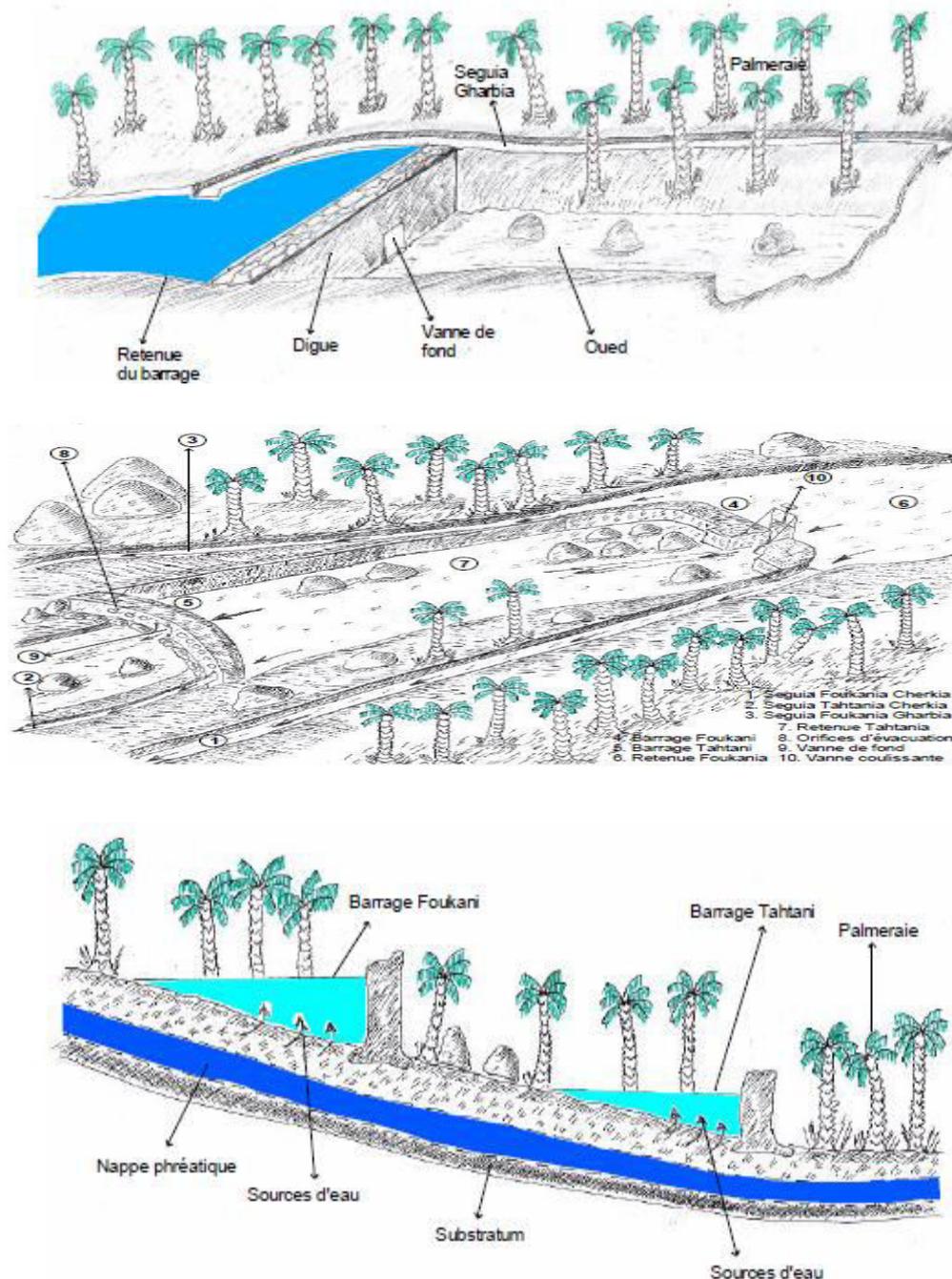


Figure I.5 : oasis de plaine REMINI B. (2018).

7. Fonctions des oasis

Les écosystèmes oasiens remplissent des fonctions multiples d'ordre environnemental, économique et social.

7.1 Production

Le microclimat particulier dans les oasis permet la production d'une large variété de cultures multi strates dont laquelle la strate inférieure de la végétation renferme une grande Biodiversité d'espèces animales et végétales (Guezoul et al., 2013).

7.2 Résidence

À chaque endroit où les conditions naturelles sont favorables apparaît une oasis qui représente un lieu d'habitat ou de refuge lié à l'eau. La naissance, le développement et la survie d'une oasis demandent une organisation humaine volontaire qui prend en charge la construction et l'entretien du système d'irrigation considéré élément vital de l'oasis (**Toutain et al 1998**).

7.3 Passage et escale

Les oasis ont joué un rôle important dans les voyages en caravane à travers plusieurs itinéraires, dont le plus important était la Route de la Soie entre la Chine et l'Asie Centrale et la route de transit du Niger à la Méditerranée (**Toutain et al., 1990**). Par conséquent, elle est considérée comme un lien entre différents peuples pour échanger de nombreuses expériences. En plus de ça, l'oasis représente un refuge pour plusieurs espèces animales, et un lieu de nidification des oiseaux et d'autres animaux (**Toutain et al., 1998**).

8. Oasis dans le monde

Les oasis se trouvent pour l'essentiel en Afrique du Nord et au Moyen Orient, et plus marginalement en Asie, en Australie et en Amérique. Leur répartition concerne les zones arides, lesquelles représentent près d'un tiers de la planète. Il s'agit toutefois de régions sous-peuplées (1 à 2% de la population mondiale) mais avec une forte densité d'habitat (300 à 1000 hab/km²).

Elles représentent sur le globe, pour celles plantées en palmiers dattiers, près d'un million d'hectares et elles font vivre directement entre sept et dix millions d'oasiens (**benkhelf ALLAH, 2019**).

Il faudrait ajouter à ces populations d'oasis, celles qui en vivent partiellement, celles des oasis sans palmier (comme l'oasis de la Ghouta à Damas), celles des oasis en zones continentales à hiver froid (Asie Centrale, Chine), etc. Les régions concernées se rencontrent ainsi aussi bien en Afrique, au nord et au sud du Sahara, au Proche et au Moyen Orient, en Asie, en Amérique, en Australie. Historiquement, leur création s'est faite le plus souvent pour constituer des relais le long des routes caravanières et des grands axes d'échanges intercontinentaux (**Toutain et al., 1990**).

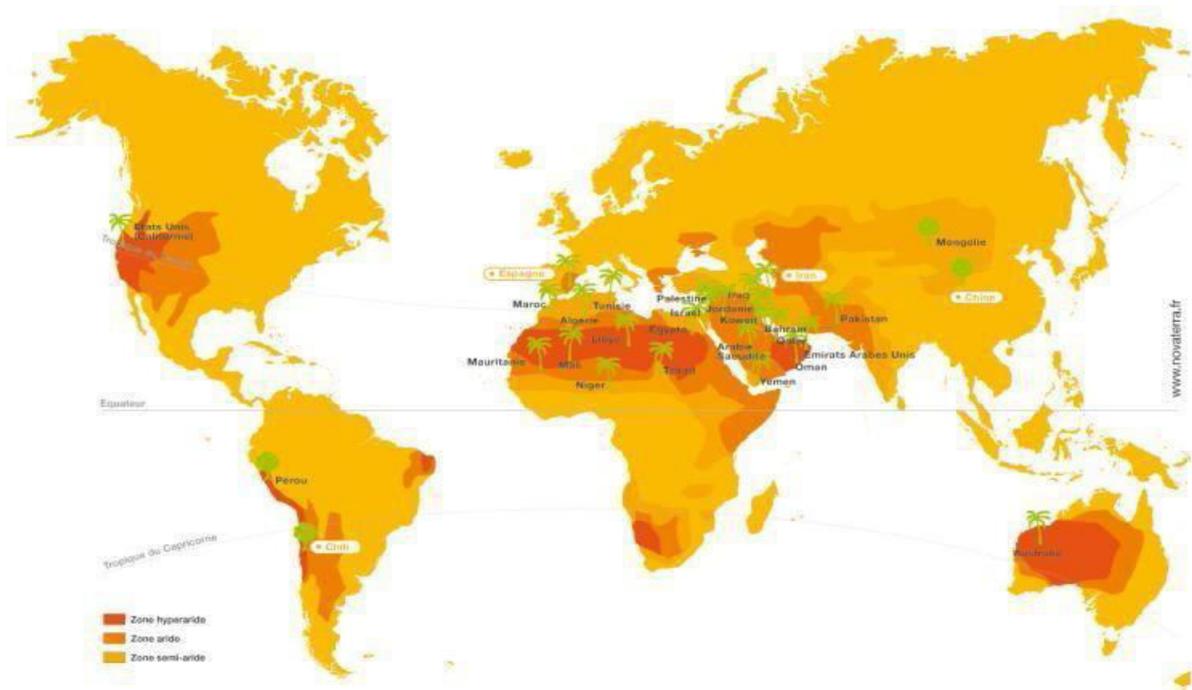


Figure I.6 : répartition des oasis dans le monde (Belguedj M. (2010)).-

9. Oasis dans l'Algérie

Les oasis algériennes sont localisées dans 14 wilayas allant du nord du Sahara jusqu'à l'extrême sud : Khenchela, M'sila (Bousaada), Batna (E'Mdoukal), Biskra, El Oued, Tébessa, Ouargla, Laghouat, Ghardaïa, Naâma, Béchar, Adrar, Illizi, et Tamanrasset. C'est le palmier dattier qui domine les surfaces agricoles oasiennes avec une diversité de 950 cultivars. Les wilayas possédant le plus grand nombre de pieds de palmier dattier sont dans l'ordre : Biskra, Adrar, El Oued, Ouargla, Béchar, Ghardaïa et Tamanrasset pour un total de 15.860.000 de pieds de palmiers soit 93.27% des palmiers au niveau national. Ces régions assurent naturellement la grande majorité de la production de dattes du pays.

La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (DegletNour), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Ghars et analogues). En Algérie, la superficie occupée par le palmier dattier couvre 103.129ha. Elle diffère d'une wilaya à une autre. La superficie la plus importante concerne les wilayas de Biskra et d'El-Oued atteignant toutes les deux 53.533ha soit 52%, soit plus de la moitié de la superficie totale par le palmier dattier.

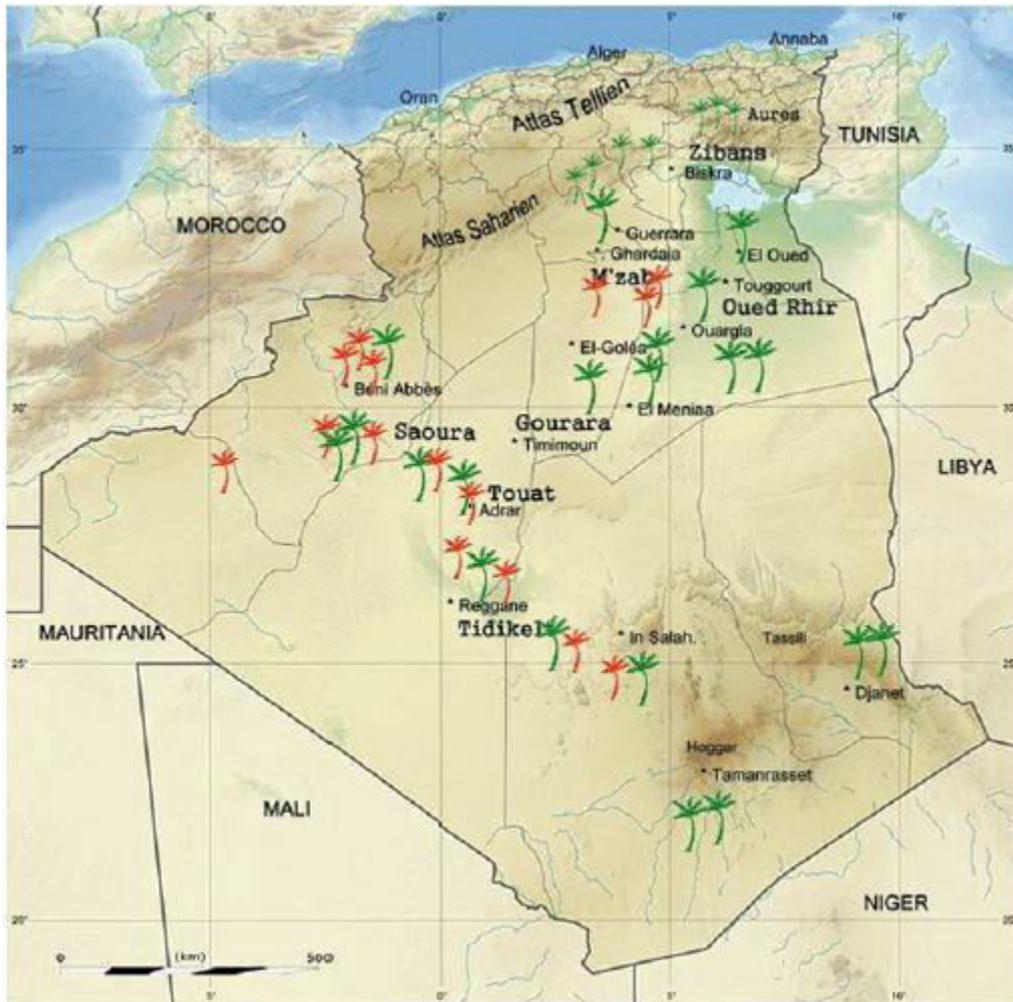


Figure I.7 : répartition des oasis dans l'Algérie (Bouguedoura *et al.*, 2015).

10. Conclusion

Au terme de ce chapitre, on a présenté les différents systèmes oasiens et la répartition spatiale des oasis à travers le monde et les principales oasis en Algérie.

Par le passé, les civilisations anciennes, en régions arides et particulièrement au Sahara, ont innové un système d'exploitation du milieu pour faire face à leurs besoins quotidiens, pour l'établissement et la stabilité des populations. Ce qui a donné naissance à des lieux de vie « les Oasis » dans un milieu naturellement hostile à une sédentarisation humaine.

Il s'agit d'un système séculaire qui repose sur une gestion rationnelle des ressources en eau et en sol auxquelles est associé un matériel biologique performant « le palmier dattier ». Dans ces conditions particulièrement rudes par son effet « Oasis », il a créé un microclimat favorable aux espèces arborescentes et herbacées plus délicates, à l'introduction de l'élevage et à l'établissement humain. Son principe d'organisation et de fonctionnement demeure

incontournable dans les conditions Extrêmes du milieu saharien. Sur le plan de la durabilité, l'oasis a fait ses preuves jusque-là. La question qui s'ouvre à nous aujourd'hui c'est celle de sa promotion et de sa préservation face aux enjeux écologiques et de développement agricole.

Chapitre II :
Contexte
général de la
région d'étude.

1. Introduction

Le Sahara algérien occupe environ 84% de la superficie totale du pays (2.060.000 km²). Il présente des caractéristiques particulières et très spécifiques à ses régions des points de vue, limites naturelles, climat, relief, géologie, géomorphologie, ressources édaphiques et hydriques, faune et flore et potentialités naturelles (ressources énergétiques et richesses du sous-sol. Pratiquement, les limites du Sahara se situent en-deçà des isohyètes 100mm à 150 mm.

2. Contexte Géographique

Les oasis de la Saoura considérées comme des îles vertes, se dispersent dans un vaste océan des dunes qui se situe dans une région désertique dans la partie Nord-Occidentale du Sahara Algérien. La Saoura est allongée en forme de couloir orienté NW-SE elle se situe entre 30°50' et 29°00' de latitude Nord et 02°30' et 00°50' de longitude West.

Elles s'étendent sur une surface de 44 400 km², limitées au nord par les Monts des Ksour et le Haut Atlas marocain, à l'ouest par la hamada de Guir, à l'est par le grand erg occidental et au sud par le plateau du Tanezrouft ; à partir de la région d'Ighli un important cours d'eau nommé oued Saoura prend naissance et qui est le résultat de la confluence (fusion) de deux cours d'eau : oued Guir (sur le haut atlas marocain) Et oued zouzfana (sur les montagnes des ksours entre figuig et béni ounif).

L'Oued Saoura continue à couler en surface sur une longueur de 800km et à chaque endroit où les conditions naturelles sont favorables apparaissent une suite de palmeraies qui sont du nord au sud : Ighli, Béni-Abbes, Tamtert, El Ouata, Beni Ikhlef, Kerzaz, Timoudi, Ouled Khoder, Elksabi.

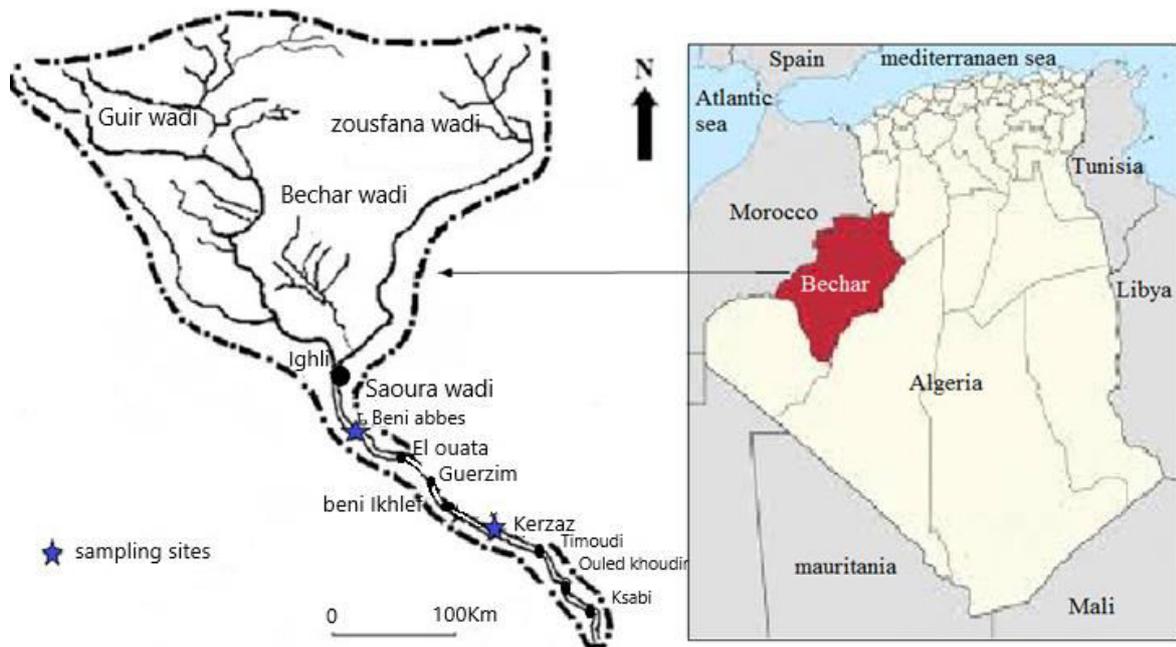


Figure II.1 : situation géographique de la région d'étude.

3. Relief

Le Sahara algérien est un plateau caractérisé par la platitude de sa surface et sa faible altitude dans la plupart des régions. Il se compose d'une succession de grandes plaines arides parsemées de dépressions ; la région de la Saoura n'échappe pas de cette particularité et façonné par les principaux reliefs suivants :

3.1 Erg

Le sable répandu un peu partout, s'accumule en dunes dans les cuvettes. Les dunes se rassemblent en Erg, dont les plus importants sont le Grand Erg Oriental et le Grand Erg Occidental. Ce type géomorphologique a façonné des méandres sur lesquelles serpentent des ilots d'oasis.

Le grand erg occidental est la forme la plus massive et la plus impénétrable ; erg Er-roui et erg Iguidi sont moins massives suivait par erg Chech (**Mebrouk N, 2007**).

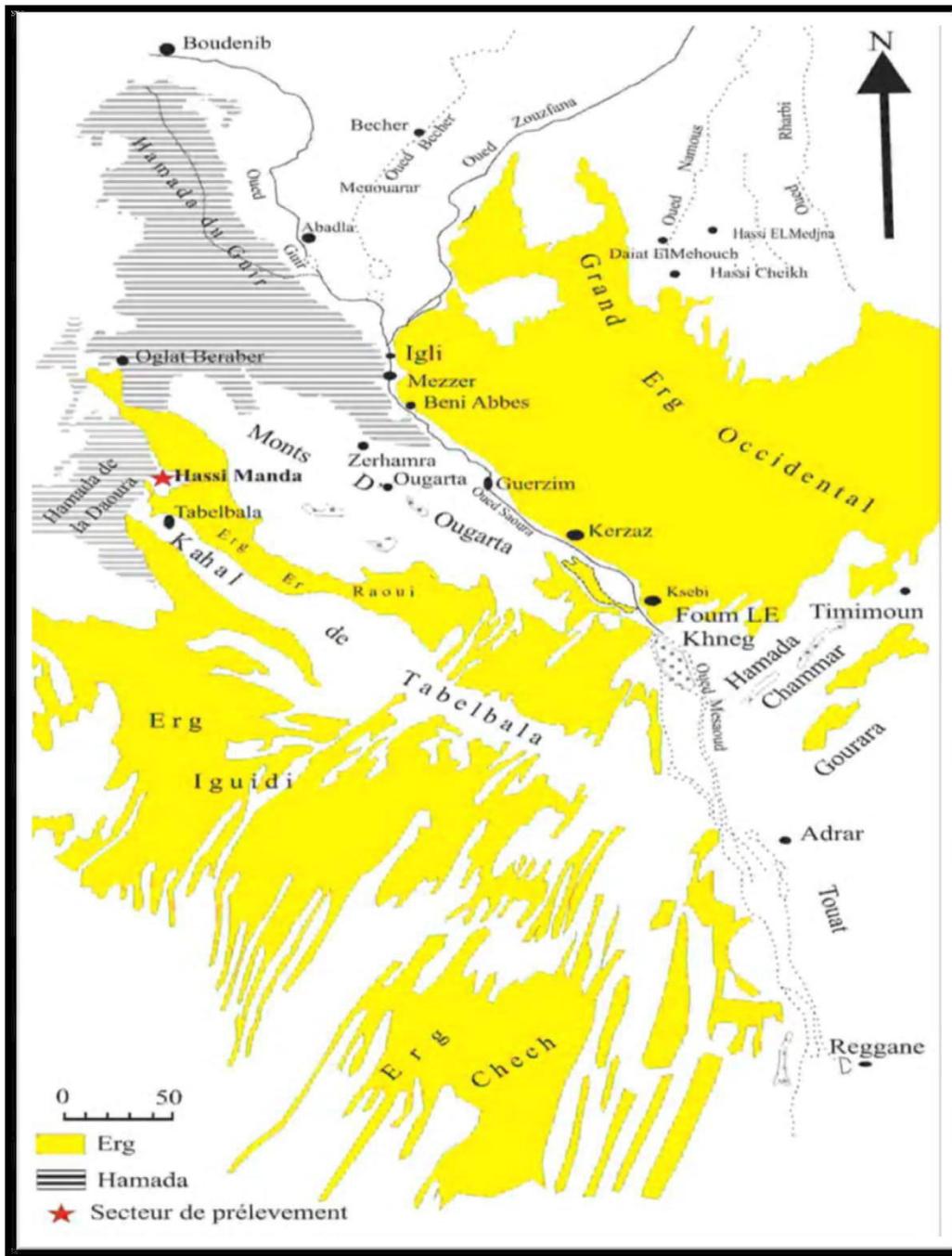


Figure II.2 : les importants Erg dans le bassin versant de la Saoura (Mebrouk N, 2007).

3.2 Reg

Les regs sont des surfaces sensiblement horizontales, recouvertes des débris généralement éolisés, à granulométrie variable. On peut considérer le reg comme le type le plus fréquent au Sahara puisqu'ils couvrent le trois quart de sa surface (Rezzougu C, 2019).

3.3 Hamada

Au sens large, ce terme désigne tout simplement le plateau désertique. Ce sont de vastes étendues rocailleuses. Comme Hamada de Guir. Ce sont des plateaux tabulaires, constitués essentiellement de pierres en dalles rocheuses comme les ergs, les Hamadas peuvent s'étaler sur de grandes surfaces ; ainsi,

Les plus importantes sont la Hamada du Guir et celle de Drâa aux frontières marocaines (**merzougui T,1998**).

3.4 Vallée et Sebkha

Malgré elles sont rarement parcourus par les crues ; les vallées sont le résultat d'un façonnage par leurs principal cours d'eau. Les principaux sont celles de la Zousfana, du Guir et de la Saoura.

Les sebkhas représentent un point idéal pour le développement d'une végétation permanente grâce au jalonnement du réseau hydrographique (persistances d'un inféro-flux). Elles jouent un rôle important dans les déplacements humains.

3.5 Daiïas

Ce sont des dépressions argileuses élaborées sur les plateaux calcaires des hamadas du Sahara septentrionales. Les daiïas retiennent l'eau et où s'installe une végétation permanente de buissons ligneux et épineux, ce sont les zones les plus pauvres du désert.(rezzougu).il y a en effet deux types de daiias : anciennes et jeunes (**Mebrouk N, 2007**).

3.6 Montagnes

Elles sont dénudées et parfois élevées ; Citons : Le Djebel Antar (1953 m), le Djebel Grouz (1835m) et le Djebel Béchar (1206 m).

3.7 Oueds :

Six principaux oueds sillonnent la wilaya. Du Nord au Sud on rencontre : l'Oued Namous, l'Oued Zousfana, l'Oued Béchar, l'Oued Guir, l'Oued Saoura et l'Oued Daoura.

4. Hydrologie de surface

Les bassins versant du sahara nord occidental sont : Daoura, Saoura, Namous, Rharbi, Seggeur (**G. Conrad, 1969**), portant le même nom que les oueds qui les traversent figure II.3 Le bassin versant de la Saoura se situe dans une région où la précipitation est rare avec une moyenne ne dépassant pas 100mm/ans.

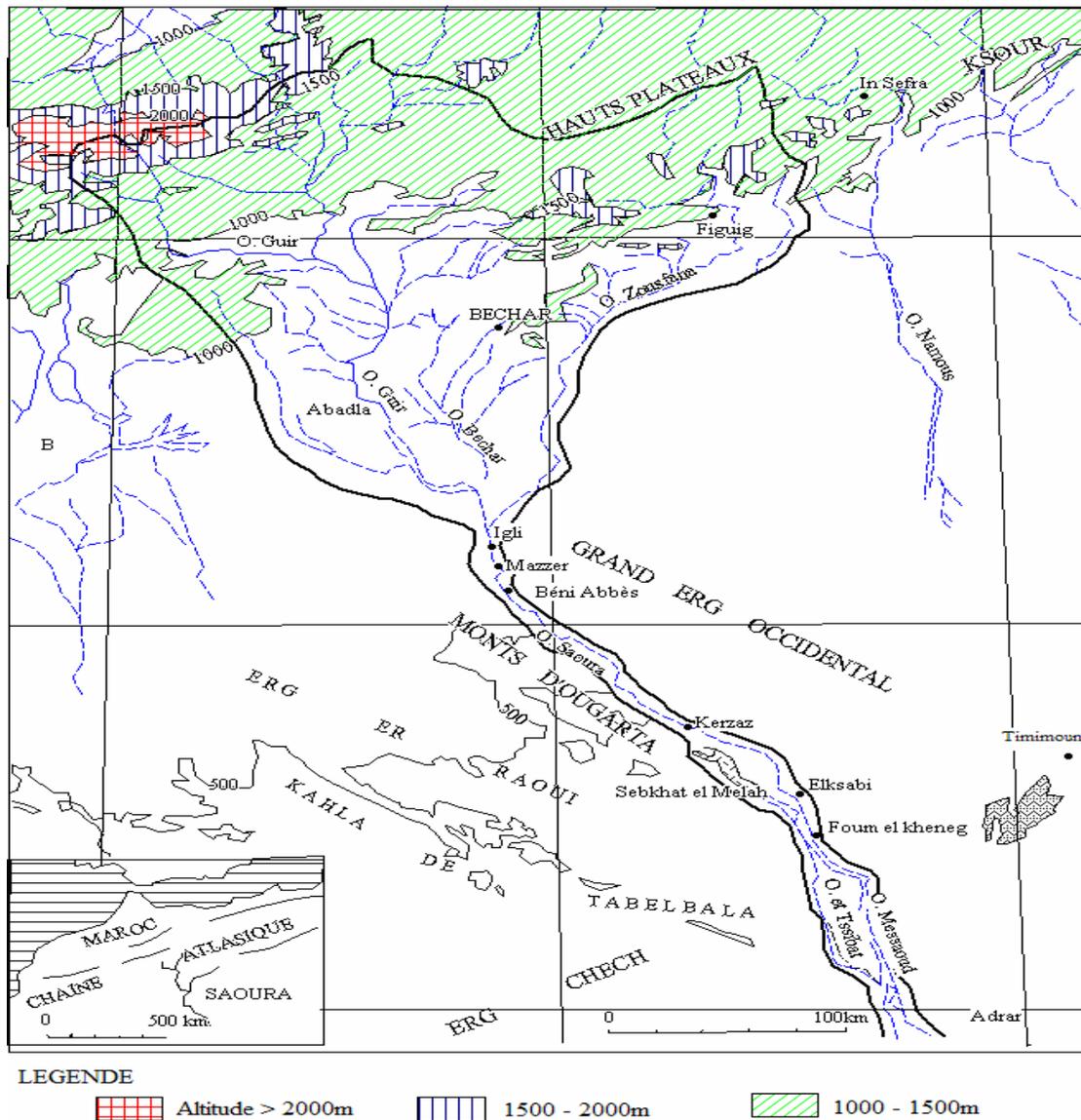


Figure II.3 : Hydrographie et pluviométrie du bassin de la Saoura et de la partie Ouest du Grand Erg Occidental (Blanc P. et Conrad G., 1968)

4.1 Bassin de l'oued Guir

La surface du bassin drainée par l'Oued Guir avoisine les 27400 km². Son principal affluent est le Bouanane qui prend naissance dans la région de Talsint vers 2000m d'altitude et rejoint le Guir après 130Km vers 1200m d'altitude. Parmi ses affluents secondaires : oueds Zelmou et oued Saf Saf El Mora qui confluent en amont de la gorge de Djorf Torba. Les eaux sont totalement perdues dans les zones désertiques où elles provoquent des inondations causant parfois des dégâts importants aux palmeraies. Pour une meilleure gestion de ces eaux, un barrage a été construit à Djorf Torba, à 50 Km en amont d'Abadla.

La durée moyenne des crues est 13,5 jours, elle est d'autant plus courte que le mois est plus chaud et la durée moyenne de l'écoulement est 82 jours par an. Seulement les crues du mois de Mars et Octobre atteignent sebkhat mesaoud (Saoura).

4.2 Bassin de l'oued Zousfana

Le bassin de la Zousfana, y compris celui de l'oued Zoubia, s'étend sur 16600 km². Cet affluent du Guir prend naissance à l'extrémité occidentale des Monts des Ksour dans l'Atlas saharien à 1600 m d'altitude environ. Presque dès le début, son profil est irrégulier et présente des concavités accentuées. Après une soixantaine de kilomètres de parcours, surtout dans sa partie orientale, et après le confluent du Zoubia, l'oued ne reçoit plus que des affluents de la rive droite. La vallée, à pente très faible, s'ensable particulièrement sur sa rive gauche, et s'étale parfois très largement, comme en amont et en aval d'el Moungar. A 250 km de son origine, peu avant Taghit, elle s'encaisse à nouveau et sa pente s'accroît, principalement dans les trente derniers kilomètres qui précèdent son confluent avec le Guir ; ce dernier est atteint après 360 km de parcours et une dénivellation de 1100 m environ. Les bassins versants des oueds Zousfana et Zoubia sont actuellement assez dégradés et il est difficile de retrouver leurs anciens cours sans une étude approfondie.

Le profil de l'oued Zousfana pendant une longue période montre que les crues se perdaient avant d'atteindre Taghit (J. Dubief, 1953).

La moyenne annuelle des mois de crue est assez importante à la hauteur de Béni-Ounif puisqu'elle est du même ordre de grandeur que celle trouvée pour le Guir à Abadla (4.4 par an). Par contre à Taghit, à 200 km plus bas, elle n'est que de 0.6 par an, c'est à dire que les écoulements accidentels de la Zousfana atteignent rarement la Saoura, comme ce fut le cas en Novembre 1938.

4.3 Bassin de l'oued Saoura

L'oued Saoura prend naissance à 40km au nord d'Igli à la confluence des oueds Guir et Zousfana. Il joue le rôle d'un oued allogène vis-à-vis les régions qu'il traverse. Les profils et les crues des Oueds Guir, Saoura et Zousfana conduisent à admettre que les deux premiers Oueds sont les éléments d'une même artère maitresse (même axe fluvial) tandis que oued Zousfana est autonome et considéré comme un affluent de l'oued Saoura. Cette grande artère (Saoura-Guir) prend naissance autour de 2200m d'altitude dans le Djebel Aichi qui culmine vers 3750m à l'extrémité orientale du Grand Atlas Marocain. Ces crues exceptionnelles se perdent

après un parcours légèrement supérieur de 800Km dans la grande sebkhat de Timoudi (sebkhet el Melah) à l'Ouest du Touat vers 260m d'altitude (**J. Dubief, 1953**).

Retenons enfin que lors des crues, tout a fait exceptionnelles, la Saoura après avoir fait le plein de la Sebkhet el Maleh, emprunte le parcours de l'oued Messaoud en direction d'Adrar dans la région de Reggane.

4.4 Bassin de l'Oued Bechar

Entre Oued Guir et Oued Zousfana se trouve Oued Bechar qui prend sa source vers 1600m d'altitude dans le Djebel Antar. Ses principaux affluents viennent de Djebel Horiet et Djebel Bechar ; il prend une direction SSE et atteint Gueltet Ahmed Ben Saleh à 600m d'altitude puis une direction SSW et s'ensable à Daïet Tiour (40Km sud Est d'Abadla et Nord d'Igli) à 550m d'altitude.

Avant la construction du barrage de Djorf Torba, alimenté par l'oued Guir et situé à environ 260 km en amont de Béni-Abbès, l'oued Saoura était réputé pour ses crues importantes, avec par exemple un débit pour la crue de 1967 de 3000 m³/s dans la Haute Saoura.

Ces crues étaient capables d'emporter ou de déposer des couches très importantes de sédiments, en majorité sableux. Sur son parcours d'environ 240 km, les palmeraies sont implantées dans les terrasses alluviales du saourien et du guirien au pied du Grand Erg occidental.

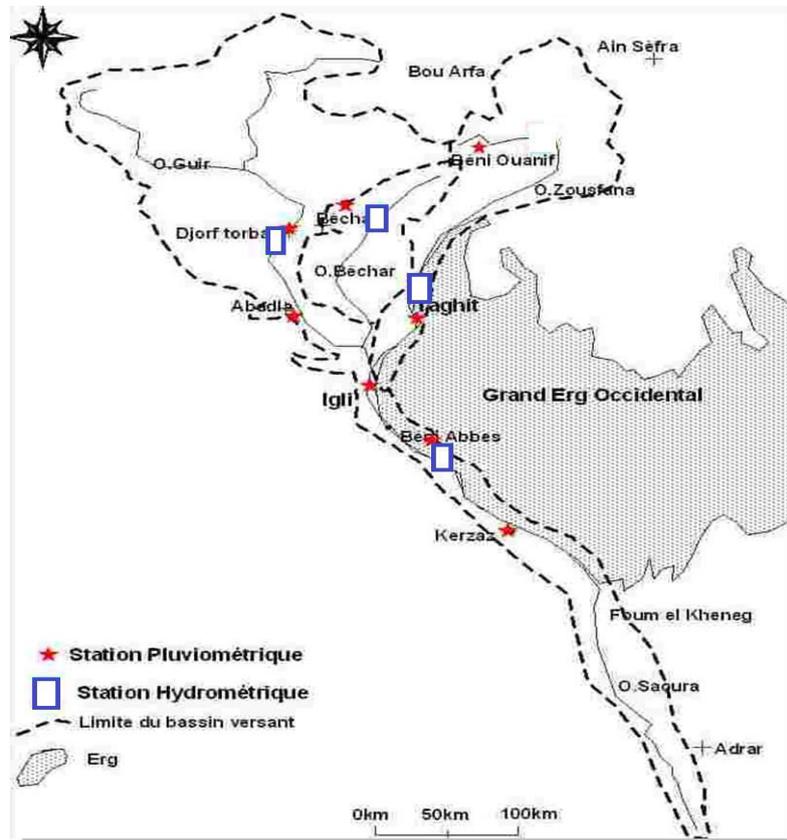
Actuellement la quantité d'eau d'oued Guir reste arrêter au barrage Djorf Torba qui a créé un déséquilibre écologique pour les oasis qui se trouve à la suite de son parcours jusqu'au la basse Saoura.

5. Climatologie

La bonne connaissance du climat qui règne le Sahara conduit d'une façon efficace à la bonne estimation des ressources hydriques déjà très rare dans ce milieu désertique. Vu l'immensité de la région d'étude et le nombre des stations disponible (04 stations) ; on peut dire que la Saoura connaît un réseau hydrographique très faible. Les données récentes sont celles fournies par l'ANRH et l'ONM, les anciennes sont celles présentées dans l'étude du J. Dubief. Nous ne pouvons compter que sur ces quatre stations réparties dans la haute et moyenne Saoura qui sont présentées dans le tableau :

Tableau II.1 : coordonnées des différentes station climatologique (ANRH Bechar).

| Station | Période (année) | Latitude (m) | Longitude (m) | Altitude (m) | Paramètre relevé |
|-------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|------------------|
| Djorf Torba | 98-2007 | 30° 01' N | 2° 49' W | 584 | T, P |
| Béchar | 98-2007 | 31° 36' N | 2° 13' W | 707 | T, P |
| Béni abbés | 98-2007 | 30° 08' N | 2° 11' W | 498 | T, P |
| Taghit | 98-2007 | 30°67'N | 02°08'W | 542 | T, P |

**Figure II.4** : localisation géographique des stations hydrologique dans le bassin versant de la Saoura (Rezzougu C, 2019).

5.1 Température

Malgré son apparente simplicité la mesure de la température présente beaucoup de difficulté en fait un thermomètre placé en un lieu donné subit de nombreuses influences capables de modifier sa température (la température propre de l'air ambiant, rayonnements direct et indirect qui peuvent atteindre l'appareil) ; donc Il faut avant tout, protéger le thermomètre contre les radiations solaires directes ou indirectes (par réflexion ou par diffusion). Cette condition est d'autant mieux réalisée que l'abri est plus aéré. Pour éviter l'échauffement des parois de celle-ci qui influe directement sur le thermomètre.

La température est un élément fondamental du climat, sa variation influe sur la transformation de l'eau en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous- sol, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique, c'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région (BENHAMZA M, 2013).

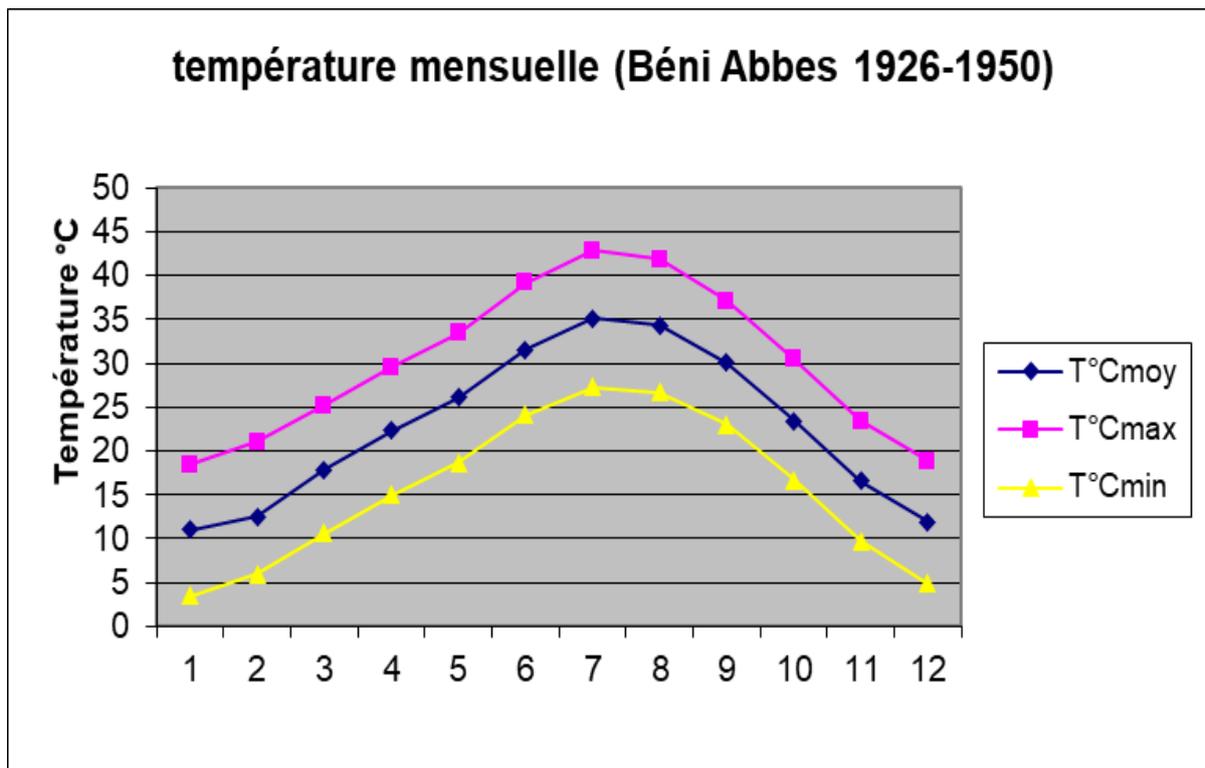
Nous disposons trois séries de données pour les régions de Béchar et Béni Abbès, une série ancienne (1926-1950) et deux récentes (1970-1998 et 1998-2013). Les deux autres stations d'Abadla (Djorf Torba) et de Taghit (Zousfana) nous ne disposons que de la série récente de (1998-2013).

Tableau II.2 : températures mensuelles et annuelles pour la région de Béni Abbés.

| Béni Abbés | temp (°C) | J | F | Mr | Avr | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Annuelle |
|------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1926-1950 | T Moy | 11 | 12,5 | 17,9 | 22,3 | 26,1 | 31,6 | 35,1 | 34,3 | 30,1 | 23,4 | 16,6 | 11,9 | 22,8 |
| | T Max | 18,5 | 21 | 25,2 | 29,6 | 33,4 | 39,2 | 42,9 | 41,9 | 37,1 | 30,5 | 23,4 | 18,9 | 30,1 |
| | T Min | 3,5 | 6 | 10,6 | 15 | 18,7 | 24,1 | 27,3 | 26,7 | 23 | 16,7 | 9,7 | 4,9 | 15,5 |
| 1970-1998 | T Moy | 11,1 | 14,5 | 18 | 21,33 | 26,67 | 32,78 | 34,91 | 34,74 | 31 | 23,16 | 16,76 | 12,34 | 23,16 |
| | T Max | 17,7 | 21,3 | 24,4 | 27,1 | 33,4 | 40,8 | 40 | 41,62 | 38,6 | 30,84 | 22,9 | 18,6 | 29,94 |
| | T Min | 4,76 | 7,66 | 11,6 | 15,57 | 19,3 | 24,76 | 27,78 | 27,86 | 23,4 | 16,68 | 10,62 | 6,04 | 16,39 |
| 1998-2013 | T Moy | 12,4 | 15,15 | 18,76 | 22,78 | 27,08 | 31,68 | 36,01 | 36,87 | 32,01 | 25,46 | 18,33 | 14,32 | 24,24 |
| | T Max | 19,6 | 22,98 | 25,11 | 31,27 | 34,81 | 38,24 | 42,84 | 41,6 | 39,58 | 32,4 | 25,57 | 21,35 | 31,28 |
| | T Min | 12,4 | 15,16 | 18,77 | 22,79 | 27,08 | 31,68 | 36,01 | 36,87 | 32,01 | 25,47 | 18,33 | 14,32 | 24,24 |

Tableau II.3 : températures mensuelles et annuelles pour la région de Béchar.

| Bechar | temp (°C) | J | F | Mr | Avr | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Annuelle |
|-----------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 1926-1950 | T Moy | 9,3 | 11,6 | 15,6 | 19,8 | 22,8 | 29,2 | 33 | 32,3 | 27,6 | 21,1 | 14,9 | 10 | 20,6 |
| | T Max | 16 | 18,6 | 22,2 | 26,4 | 30,3 | 36 | 40,1 | 39 | 34 | 27,6 | 20,9 | 16,3 | 27,28 |
| | T Min | 2,5 | 4,6 | 9,1 | 13,2 | 17,2 | 22,4 | 26 | 25,6 | 21,2 | 14,6 | 8,8 | 3,7 | 14,08 |
| 1970-1998 | T Moy | 9,7 | 12,6 | 16 | 19,3 | 24,3 | 28,5 | 32,7 | 32,4 | 27,8 | 21,0 | 14,6 | 10,5 | 20,82 |
| | T Max | 15,74 | 18,9 | 22 | 25,5 | 30,2 | 35,0 | 39,3 | 38,8 | 33,8 | 26,8 | 20,3 | 16,1 | 26,91 |
| | T Min | 3,36 | 6,4 | 9,97 | 13,2 | 18,3 | 21,9 | 26,2 | 26 | 21,8 | 15,1 | 8,95 | 4,9 | 14,69 |
| 1998-2013 | T Moy | 10,23 | 12,7 | 18,7 | 19,1 | 23,2 | 29,3 | 30,1 | 29,2 | 27,0 | 22,1 | 15,7 | 11,2 | 20,75 |
| | T Max | 14,31 | 20,3 | 24,6 | 27,4 | 29,9 | 35,0 | 40,6 | 37,5 | 33,8 | 29,7 | 22,1 | 17,0 | 27,73 |
| | T Min | 3,26 | 4,55 | 10,3 | 10,2 | 13,6 | 17,6 | 17,4 | 17,4 | 13,9 | 11,8 | 7,08 | 4,1 | 10,97 |

**Figure II.5a** : température mensuelle à Béni Abbés (1926-1950).

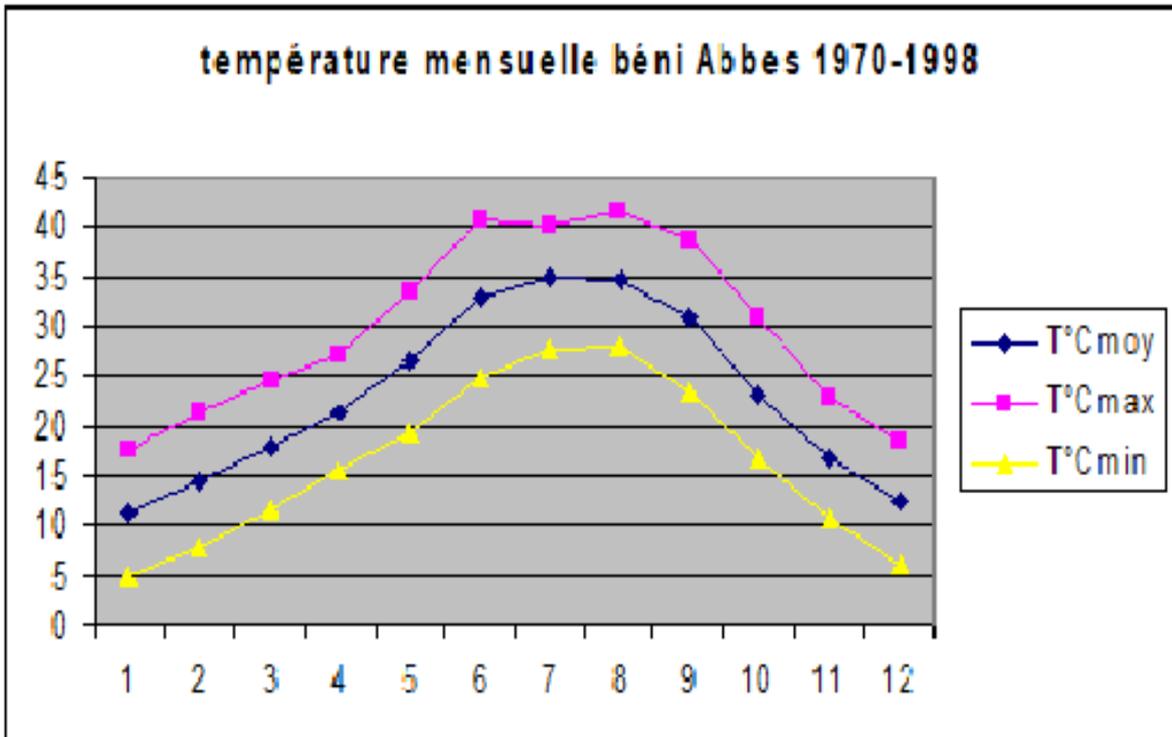


Figure II.5b : température mensuelle à Béni Abbès (1970-1998).

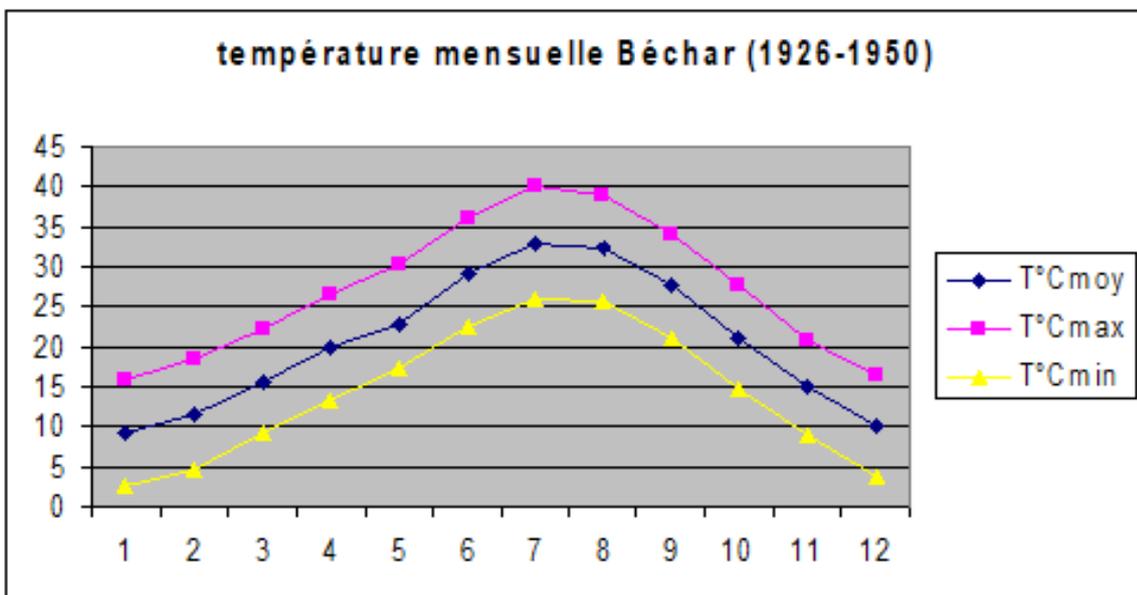


Figure II.6a : température mensuelle à Béchar (1926-1950).

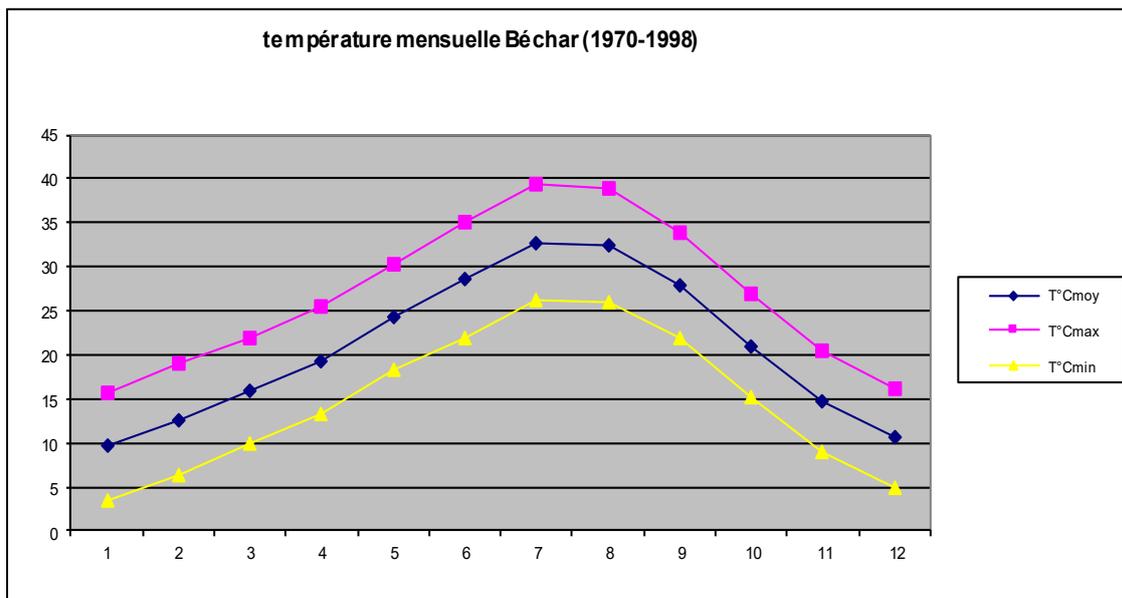


Figure II.6b : température mensuelle à Béchar (1970-1998).

Après l'analyse des tableaux et des figures II ressort :

- Les deux stations présentent le même régime thermique et que le mois de Janvier et Juillet qui caractérisent l'allure de ces courbes (minima, maxima et moyenne)
- Le mois le plus froid est celui de Janvier aussi bien à Béchar qu'à Béni-Abbès.
- Le mois le plus chaud est celui du juillet aussi bien à Béchar qu'à Béni Abbès.
- Pour les températures minima et maxima, l'allure des courbes est semblable, et ce sont les mois de Janvier et Juillet qui caractérisent également les valeurs maximale et minimale et cela pour les deux périodes (1926-1950 et 1970-1998).

5.2 Précipitation

Les précipitations constituent le facteur essentiel de la genèse et de l'importance des écoulements des cours d'eau. Généralement, les précipitations sahariennes sont rares, de faible importance quantitative, de courte durée et violentes à cause de la sécheresse de l'atmosphère ().

La connaissance de la pluviométrie tombant sur un bassin versant est assujettie à la disposition d'un réseau minimal d'observation.

D'une façon générale que la pluviométrie décroît du Nord au Sud, elle suit dans l'ensemble les altitudes du bassin de la Saoura, cette décroissance étant de 8mm par 100m d'altitude (**Dubief J, 1953**). L'analyse des cartes de répartition des précipitations moyennes annuelles

établit à partir de la série étudiée par Dubief (1926-1950) et celle établie par la ANRH (1995) montre que la vallée de la Saoura est située dans la zone des isoyètes inférieure à 50mm (figure II.7).

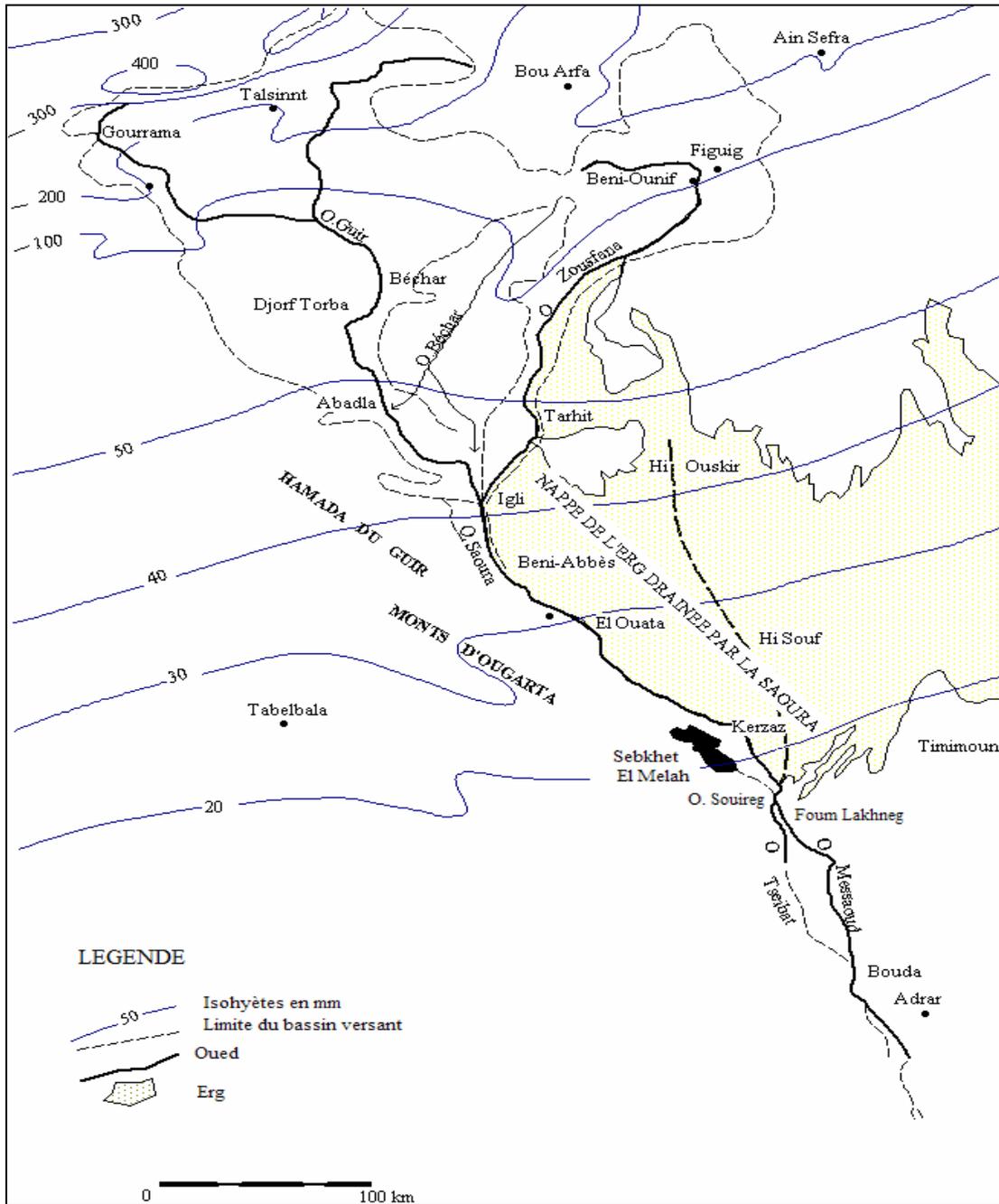


Figure II.7 : Hydrographie et pluviométrie du bassin de la Saoura et de la partie Ouest du Grand Erg Occidental (J. Dubief, 1963).

5.2.1 Répartition mensuelle

Le régime pluviométrique dans la région de la Saoura est très irrégulier, la quantité annuelle tombe souvent en une seule fois, causant des crues et beaucoup de dégâts. Le tableau représente les précipitations mensuelles des stations étudiées pour la période récente.

Tableau II.4 : précipitation mensuelle pour les 03 stations (béchar, Abadla et Béni Abbes)

| Station | J | F | M | A | M | J | JT | A | S | O | N | D |
|-------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-------|------|
| Béni-Abbès 1970-2001 | 3.12 | 3.59 | 4.33 | 2.45 | 1.86 | 0.5 | 0.39 | 1.19 | 3.6 | 4.7 | 6.9 | 5.22 |
| Bechar 1970-2001 | 8.58 | 8.36 | 9.12 | 8.25 | 4.62 | 3.02 | 0.56 | 0.73 | 5.92 | 8.3 | 11.25 | 8 |
| Abadla 1981-2000 | 5.97 | 7.36 | 13.16 | 10.83 | 5.07 | 1.98 | 0.02 | 2.05 | 4.7 | 7.7 | 6.38 | 8.65 |

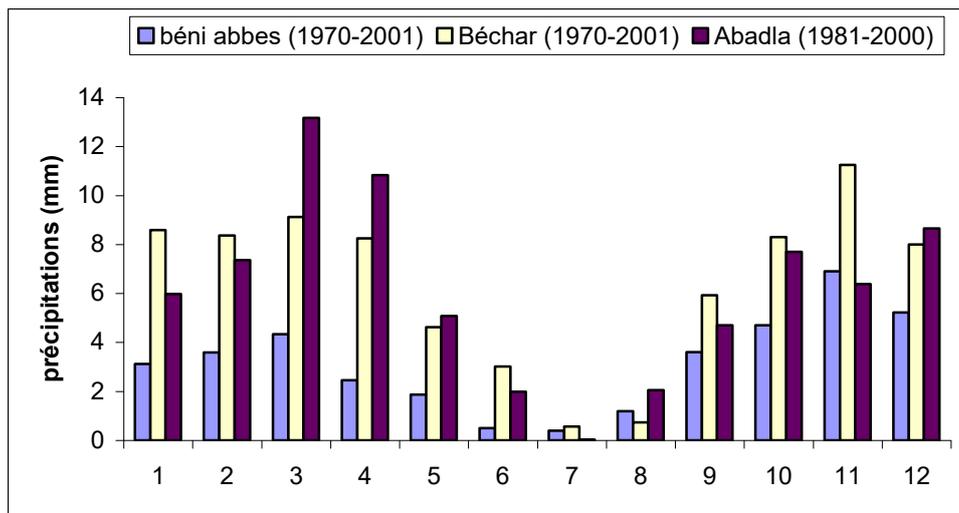


Figure II.8 : précipitation mensuelle pour les 03 stations (Béchar, Abadla et Béni Abbes).

On se basant sur la figure on remarque que :

- Deux périodes relativement pluvieuses l'une entre septembre et décembre (automne) et l'autre entre Mars et Avril (printemps).
- Le régime pluvieux est bimodal.
- Le mois de juillet est le plus sec pour les trois stations.

5.2.2 Répartition interannuelle

Le tableau suivant donne les précipitations annuelles pour les stations de Béchar et Béni Abbes pendant la période (1970-2001), et celle d'Abadla d'une période qui s'étale entre (1981-2000).

Tableau II.5 : précipitations annuelles aux trois stations (Béchar, Abadla et Béni Abbès).

| Année | Béni-Abbès | Béchar | Année | Béni-Abbès | Béchar | Abadla | Année | Béni-Abbès | Béchar | Abadla |
|-------|------------|--------|-------|------------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|
| 1970 | 33.6 | 46.1 | 1981 | 46.02 | 59.8 | 162.9 | 1992 | 15.6 | 51.9 | 47.29 |
| 1971 | 15.8 | 63.5 | 1982 | 9.2 | 20 | 5.2 | 1993 | 115.5 | 158.7 | 137.13 |
| 1972 | 11.1 | 64.5 | 1983 | 3.3 | 1.8 | 0 | 1994 | 131.3 | 133.7 | 74.93 |
| 1973 | 40.3 | 63.9 | 1984 | 32.1 | 48 | 67.66 | 1995 | 107 | 172.4 | 138.97 |
| 1974 | 35.2 | 63.7 | 1985 | 96.5 | 107.4 | 200.49 | 1996 | 18.6 | 82.8 | 109.37 |
| 1975 | 49.7 | 73.5 | 1986 | 69 | 65.8 | 44.1 | 1997 | 6.8 | 27.6 | 36.2 |
| 1976 | 27.1 | 113.5 | 1987 | 44.5 | 117 | 88.7 | 1998 | 34.3 | 60.7 | 24.3 |
| 1977 | 4.4 | 37.6 | 1988 | 28.8 | 91.5 | 24.95 | 1999 | 38.4 | 91.8 | 14.2 |
| 1978 | 30.6 | 98.2 | 1989 | 50 | 125 | 75.8 | 2000 | 10.3 | 9.4 | 23.9 |
| 1979 | 34.1 | 96.7 | 1990 | 26 | 125.8 | 51.1 | 2001 | 15.8 | 23.9 | |
| 1980 | 83 | 23 | 1991 | 15.2 | 25.4 | 6.86 | | 39.8 | 73.26 | |

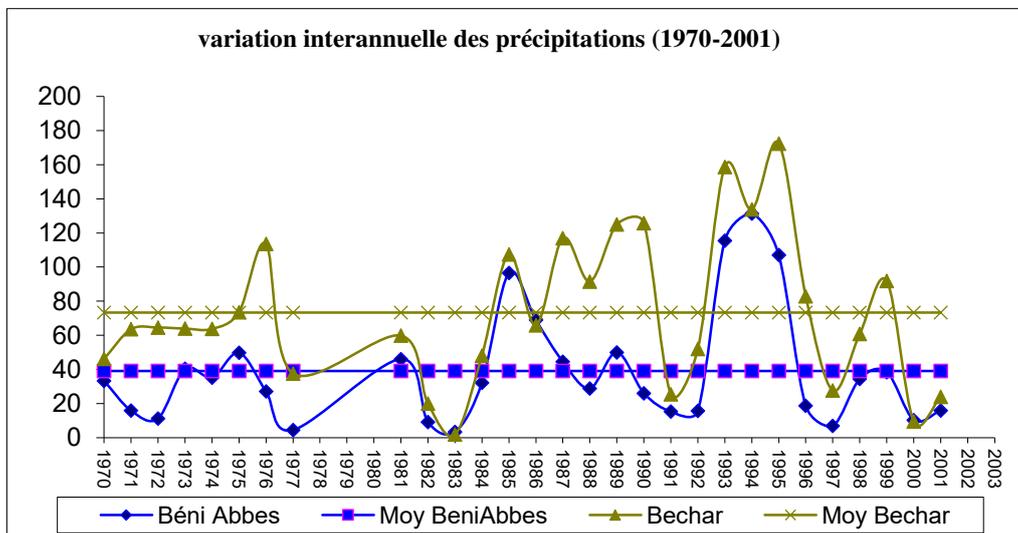


Figure II.9a : Variation interannuelle des précipitations aux stations de Béchar et Béni Abbès (1970-2001).

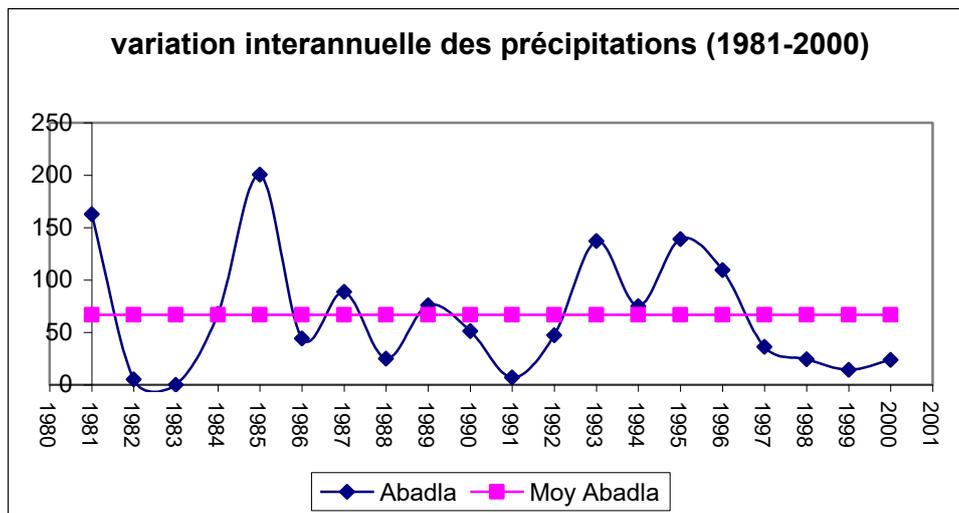


Figure II.9b : Variation interannuelle des précipitations aux stations d'Abadla (1981-2000).

L'examen des figures 1.19a et 1.19b permet de conclure que

- Les précipitations interannuelles sont très irrégulières, elle varie d'un minimum et un maximum allant de 0mm à 200mm.
- L'année 1983 est la plus sèche est cela pour tout l'Ouest Algérien.
- La région de Béni Abbes est déficitaire par rapport à la moyenne pendant 22 ans sur une période de 32 ans.
- La région de Béchar est déficitaire par rapport à la moyenne pendant 18 ans sur une période de 32 ans.
- A Abadla, 20 années sont déficitaire par rapport à la moyenne sur une période de 20 ans.
- La période humide pour les trois stations s'étale de 1993 à 1995et jusqu'à 1996 pour Abadla.

En conclusion, on peut dire que Les précipitations de la région d'étude sont peu abondantes, irrégulières, brèves (averses) mais de forte intensité, occasionnant des violentes crues. Elles sont en relation avec les perturbations soudano-saharienne ou saharienne associées à de puissante invasion d'air humide provenant des régions maritimes voisines. Durant les mois de septembre et Février, les hauts sommets environnants, essentiellement le djebel Grouz et celui de l'Antar se coiffent d'une calotte de neige.

5.3 Vents

Le vent est un facteur important en hydrologie, car il influe directement sur la quantité d'eau évaporée. En effet le vent déplace les couches d'air saturée qui sont près de la surface de l'eau ou de sol pour être remplacé par les couches d'air plus sec, donc plus capable d'absorber de la vapeur d'eau.

Les vents sont fréquents aux mois de Mars, Avril, Mai et septembre sous forme d'une tempête de sable sec susceptible de favorise l'évaporation à partir du sable humidifié par les précipitations.

A partir de la rose des vents (**Conrad.G 1975**), on peut dire que les vents soufflent d'une part de l'Est, d'autre part du Nord Est.

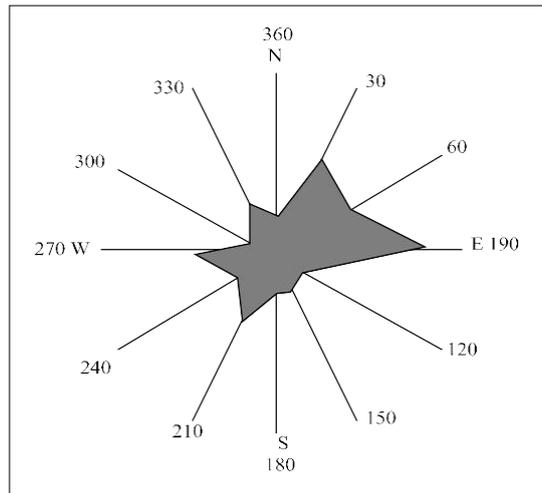


Figure II.10 : Rose des vents à Béni-Abbès Période 1970-1988 (Yousfi.N, 1992)

5.4 Humidité

La répartition de l'humidité relative se manifeste généralement par une décroissance du Nord vers le sud. Le Bassin de la Saoura est à 1000Km du littoral et les masses d'air chargées de la vapeur d'eau sont loin d'être arrivées avant de se décharger lors de leur trajet (Yousfi.N, 1984.) On dispose des données de l'humidité de deux périodes différentes pour les deux stations de Béchar et Béni Abbès qui sont représentées dans le tableau II.6

Tableau II.6 : Répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative en pourcentage à Béni-Abbès et Béchar.

| Période | Station | J | F | M | A | M | J | JT | A | S | O | N | D | Année |
|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| 1970/1996 | BéniAbbès | 52 | 41 | 31 | 25 | 21 | 17 | 15 | 16 | 24 | 29 | 45 | 55 | 31 |
| 1952/1973 | Bechar | 53 | 42 | 36 | 32 | 27 | 23 | 18 | 20 | 29 | 38 | 50 | 56 | 35 |

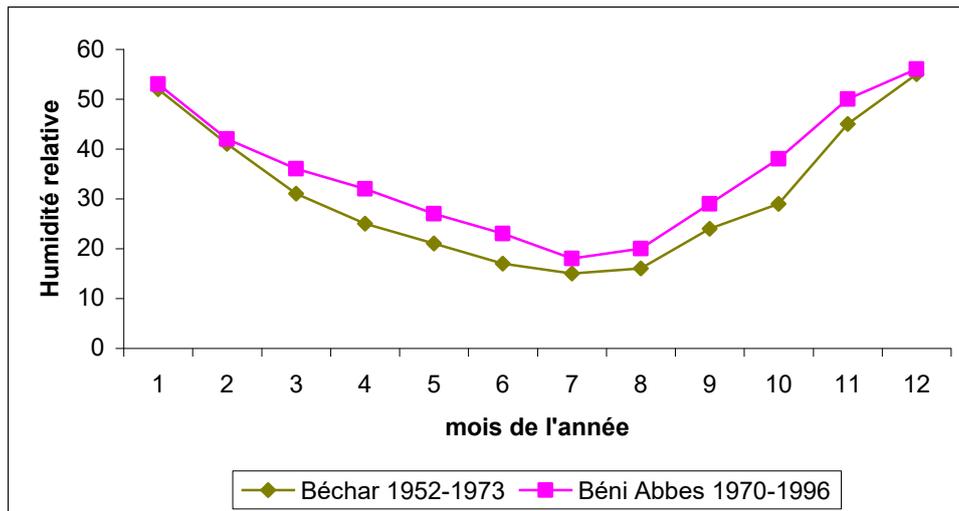


Figure II.11 : répartition mensuelle de l'humidité relative en pourcentage aux stations de Béchar (1952-1973) et Béni Abbés (1970-1996).

L'examen de ce graphique montre que l'humidité est restée inférieure à 60% pendant toute l'année. Elle est maximale en Janvier et décembre, minimale en mois de Juillet et Aout.

5.5 Nébulosité

C'est un paramètre qui consiste à donner l'état nuageux du ciel dans une région donnée, il est exprimé en Octa. Généralement la nébulosité est en relation inverse avec l'insolation. On dispose deux séries pour la station de Béchar, une récente (1995-2013) l'autre est plus ancienne (1926-1950) (J.Dubief), par contre la région de Beni Abbés on ne dispose que l'ancienne série (1926-1950).

Tableau II.7 : répartition mensuelle de la nébulosité aux stations de Bechar et Béni Abbés.

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Béni-Abbès (1925-1950) | 1.7 | 2.2 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.6 | 1.3 | 1.8 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 2.2 |
| Béchar (1925-1950) | 2.5 | 3.1 | 3.4 | 3.4 | 3.1 | 2.4 | 2.2 | 2.7 | 3.6 | 3.3 | 3.3 | 3.0 |
| Béchar (1995-2013) | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 2.3 | 1.7 | 1.5 | 2.3 | 2.6 | 2.4 | 2.6 | 2.0 |

Dans la région de la Saoura, la nébulosité varie entre 1,3 et 3,3. Elles en relation étroite avec la répartition mensuelle des précipitations, en effet les mois les plus nuageux sont aussi les mois les plus arrosés (printemps et automne) et cela pour les deux périodes récentes et anciennes. La diminution significative de ce paramètre pendant la période récente est en concordance totale avec la diminution appréciable des précipitations qu'a connue la région de la Saoura par rapport à l'ancienne période.

5.6 Insolation

Les couches d'air de l'atmosphère jouent le rôle d'affaiblir le rayonnement solaire avant qu'il soit parvenu au sol. La Saoura est exposé au soleil entre 9 à 10heurs par jour. Le tableau suivant représente la répartition moyenne mensuelle de l'insolation à la station de Béni Abes (1926-1950 et 1970-1996).

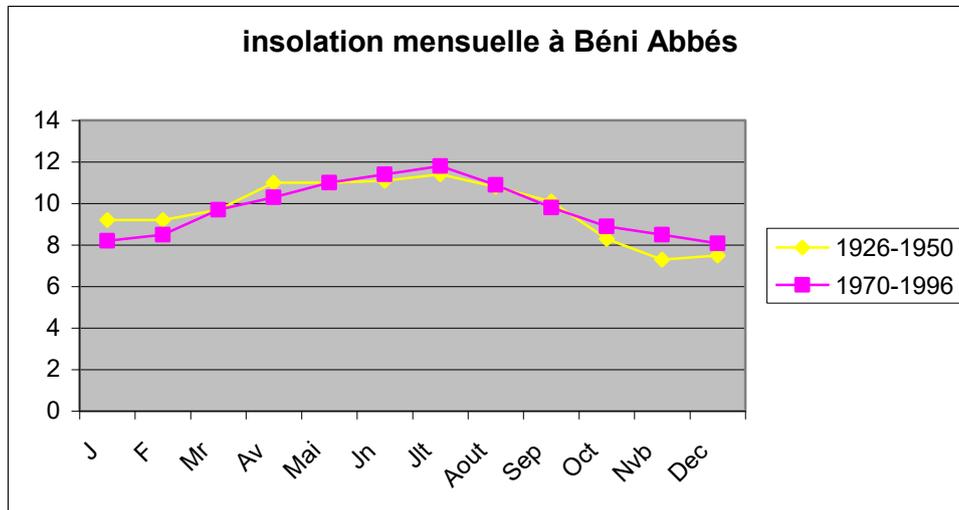


Figure II.12 répartitions mensuelle de l'insolation à Béni Abbès.

5.7 Indice d'aridité

Le climat du bassin de la Saoura est hyper aride ; caractérisée par une faible pluviosité et une sécheresse excessive ; Elle ne reçoit que 50mm à 100mm de pluie par ans ; les températures extrêmes sont de plus de 50°C avec des vents desséchants. Le calcul des indices climatologiques tel que le climagramme d'emberger, diagramme pluviométrique, indice de Martona permet de vérifier ce classement du climat.

5.7.1 Climagramme d'Emberger

C'est un abaque dont les abscisses portent les moyennes de minima de la saison froide et les ordonnées des valeurs du quotient pluviométrique.

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Q_2 : le quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : la précipitation moyenne interannuelle en mm ;

M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin (K°) ;

m : la moyenne des minima du mois le plus froid en degré Kelvin (K°).

Le tableau suivant récapitule les différents résultats des paramètres pour les trois stations Béchar, Abadla et Béni Abbes.

Tableau II.8 : paramètres du climagramme d'emberger pour Béchar, Abadla et Béni Abbes.

| Station de Bechar | Q ₂ | P | M | m |
|------------------------|----------------|-------|-----------|----------|
| Bechar (1970-2001) | 6.91 | 73.26 | 39,35+273 | 3,36+273 |
| Béni Abbes (1970-2001) | 3.64 | 39.8 | 41.62+273 | 4.76+273 |
| Abadla (1980-2000) | 4,70 | 54,44 | 40.63 | 3.26 |

Après report des coordonnées des trois stations dans le climagramme d'Emberger (6.91 , 3.36) (3.64 , 4.76) (4.70 , 3.26) Les points obtenu caractérise bien un climat saharien à hiver tempéré.

La région de la Saoura suivant le climagramme d'EMBERGER, se trouve dans l'étage bioclimatique désertique (Q<10).

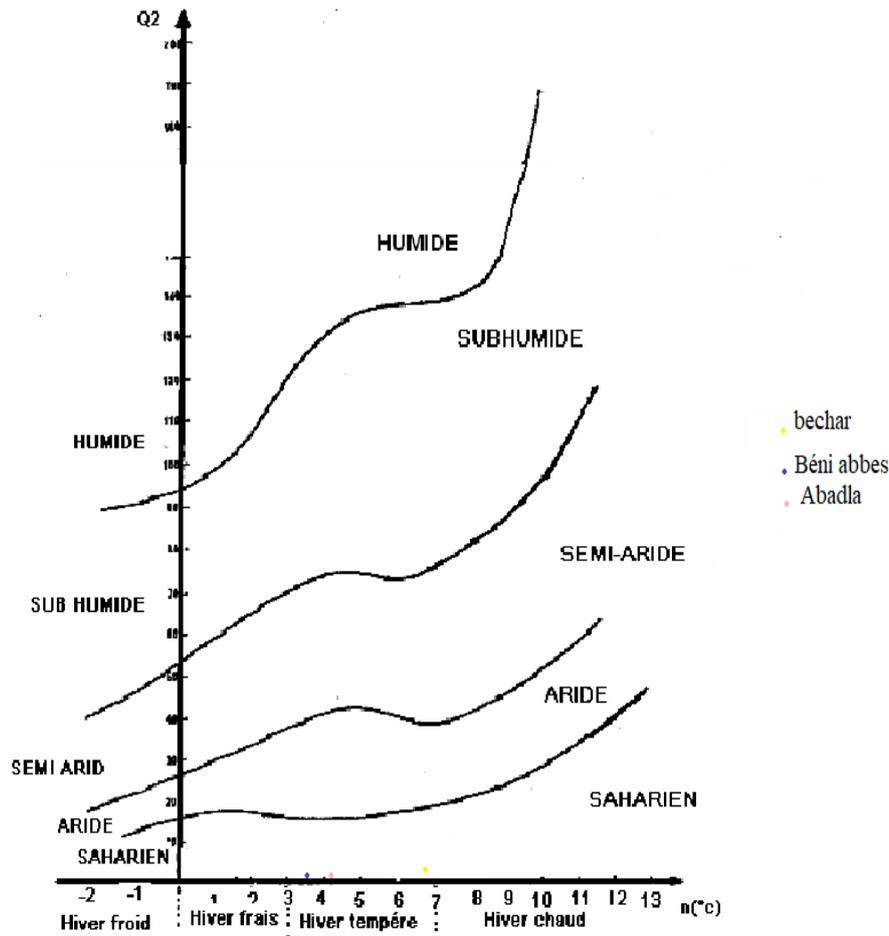


Figure II.13 : Climagramme de L'Emberger.

5.7.2 Indice d'aridité de Marton

De Martonne (1923) a défini un indice d'aridité $I = P/T + 10$, dans lequel P représente les précipitations moyennes annuelles en mm et T les températures moyennes annuelles en °C. Le type de climat d'une région est ainsi défini de la façon suivante selon la valeur de l'indice trouvé :

$I_a > 20$: Climat humide (de montagne)

$10 < I_a < 20$: Climat semi-aride

$5 < I_a < 10$: Climat steppique

$I_a < 5$: Climat hyperaride

Pour les stations de Béchar et Béni Abbes, les valeurs sont respectivement de 2.37 et 1.20 traduisant un climat Hyper aride.

5.8 Evapotranspiration

On désigne par évaporation et évapotranspiration la perte en eau par retour direct à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Ce phénomène pouvant être purement physique (évaporation) ou commandé par l'activité biologique des plantes (évapotranspiration).

Elle concerne les surfaces d'eau libre (dais, guettât...etc) et les eaux qui circulent dans les oueds. Aussi bien l'évaporation dans les oasis de la Saoura est considérable de fait des puits artisanaux qui ont un grand diamètre et représentent une source non négligeable de l'évaporation.

Au Sahara Algérien annuellement l'évaporation est de 2.5 à 5m/an, cette hauteur n'est plus que de 1.5 à 2.3 m/an au Sahara atlantique (In Yousfi et Ait Ahmed 1991).

Tableau II.9a : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Bechar 1950)

| mois | J | F | Mar | Avr | Mai | Jn | Jui | A | S | O | N | D | annuelle |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Evaporation (mm) | 140 | 174 | 267 | 369 | 415 | 531 | 601 | 549 | 429 | 285 | 159 | 136 | 4056 |

Tableau II.9b : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Bechar 1975-2002)

| mois | J | F | Mar | Avr | Mai | Jn | Jui | A | S | O | N | D | annuelle |
|------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----------|
| Evaporation (mm) | 54 | 86 | 148 | 187 | 251 | 300 | 346 | 309 | 228 | 159 | 78 | 57 | 2203 |

Tableau II.9c : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Béni Abbés 1950)

| mois | J | F | Mar | Avr | Mai | Jn | Jui | A | S | O | N | D | annuelle |
|------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Evaporation (mm) | 192.2 | 221.2 | 313.1 | 423 | 524 | 603 | 688 | 617 | 552 | 329 | 192 | 152 | 4807 |

Tableau II.9d : évaporation moyenne mensuelle de Pitch (Béni Abbes 1973-2008)

| mois | J | F | Mar | Avr | Mai | Jn | Jui | A | S | O | N | D | annuelle |
|------------------|--------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|----|----------|
| Evaporation (mm) | 100,09 | 115,1 | 159 | 221,6 | 272 | 308 | 352 | 371,9 | 310,4 | 187,4 | 112 | 83 | 2592,5 |

L'évaporation augmente au fur et à mesure qu's'en dirigent vers le sud. Les maximas sont enregistrés en juillet, les minimas en décembre.

Le climat saharien de la Saoura est caractérisé par un déficit hydrique à tous les niveaux, dû notamment à la faiblesse des précipitations, luminosité intense, une forte évaporation (près de 2000 mm par an), de hautes températures de l'air (dépassant parfois les 50°C) et du sol et de grande amplitude thermique (écart de température entre hiver et été).

Tous ces facteurs déterminent une forte aridité du milieu se traduisant par une saison sèche qui peut durer plus de dix mois par an et impliquant ainsi obligatoirement un apport d'eau via l'irrigation pour toute culture à mettre en place.

6. Hydrogéologie

De nombreux chercheurs ont fait des études sur la région de la vallée de la Saoura ; parmi eux Scholler (1945), A.Cornet(1952), MA Roche(1973). Aucun d'entre eux n'a pas pu couvrir la totalité de la Saoura vu l'immensité de sa superficie 44 400km².

6.1 Aquifère paléozoïque :

Se situe dans la rive droite de la Saoura, ses nappes apparaissent dans la région de Béchar, Taghit, la chaîne d'Ougarta et zghemra.

Ces nappes sont mal définies, toutefois les captages au niveau de Zéghamra et Ougarta (sources, puits, forages) démontrent l'existence de plusieurs nappes paléozoïques. Il s'agit vraisemblablement d'une superposition de nappes fossiles alimentées lors des périodes quaternaires humides.

6.2 Aquifère des terrasses et d'inféro-flux (crétacé) :

L'inféro - flux de la vallée de la Saoura constitue le niveau de base d'eaux souterraines. Ce niveau est alimenté par les crues de l'oued Saoura, qui s'infiltré dans les sables de son lit, le long de la vallée de la Saoura. La profondeur du niveau piézométrique varie généralement de zéro (Guelta) à trois mètres au-dessous du sol.

6.3 Aquifère de la hamada du Guir :

La Hamada se situe sur la rive droite de la vallée de la Saoura, c'est un plateau faiblement incliné, depuis Boudnib (1150 m) jusqu'aux chaînes d'Ougarta (650 m) avec une largeur de 110 km et une longueur de 200 km. Le plateau est orienté NW-SE, les calcaires constituent l'aquifère, dont la recharge est complexe, assurée d'une part, par les périodes humides du quaternaires, d'autre part, par un système des oueds (Oued aicha, Oued El Abiod, Oued Alarfedj). Cette nappe montre un écoulement d'ensemble suivant l'axe de la Hamada NW-SE Les captages d'eau par puits traditionnels foncés dans cette nappe révèlent des faibles débits, traduisant ainsi une faible recharge.

6.4 Aquifère du grand Erg occidental :

Sur la base de ses études hydrogéologiques sur la région de Béni Abbes de la haute Saoura, Scholler utilisera le nom du Grand Erg Occidental. A l'Est de l'oued Saoura, la nappe phréatique du grand Erg Occidental représentent les ressources souterraines les plus importantes.

La nappe du grand Erg Occidental alimente les terrasses alluviales de la rive gauche de la vallée de la Saoura où sont implantées les palmeraies.

La grande source de Beni Abbes constitue l'exutoire Ouest par excellence de la nappe de l'Erg au droit de Beni Abbes, le sens d'écoulement est de l'Est vers l'ouest. La réalimentation de la nappe du grand Erg Occidental est très limitée compte tenu de la faible pluviométrie du bassin versant de l'oued namous et l'existence de son écoulement représente une réserve des phases pluvieuses de l'époque quaternaire.

7. Fonctionnement du système aquifère

L'eau fossile du Sahara provient de deux périodes géologiques différentes. La nappe la plus profonde est celle du continental intercalaire qui date de l'Albien. La seconde provient du complexe terminal c'est-à-dire du Crétacé, du Miocène et du Miopliocène. Ce sont des périodes différentes mais l'eau qui a été accumulée durant ces différentes périodes se mélange à présent, les hydrogéologues ont donc l'habitude de la nommée par le même nom : complexe terminal. Les eaux de cette seconde couche sont en général moins profondes que celles du complexe intercalaire mais dans certaines parties du Sahara notamment à l'Est ces deux couches se confondent, se croisent et l'intercalaire passe parfois au-dessus du terminal **(Mekideche 1995)**.

La vallée de la Saoura détermine ce système en deux compartiments ; occidental passif et comprend la nappe de la Hamada de Guir, qui communique par endroit avec les nappes du Paléozoïque supérieur. En revanche, le compartiment oriental, est actif : un drain naturel assure l'écoulement des eaux de la nappe du grand erg occidental vers les nappes des terrasses et d'inféro-flux. Ces derniers pourront communiquer par endroit avec les nappes du Paléozoïque.

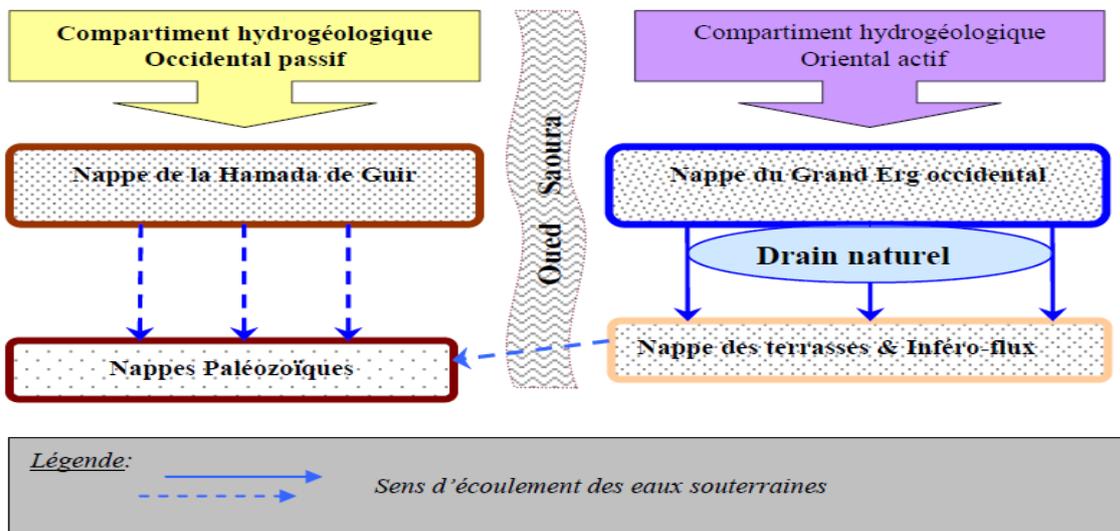
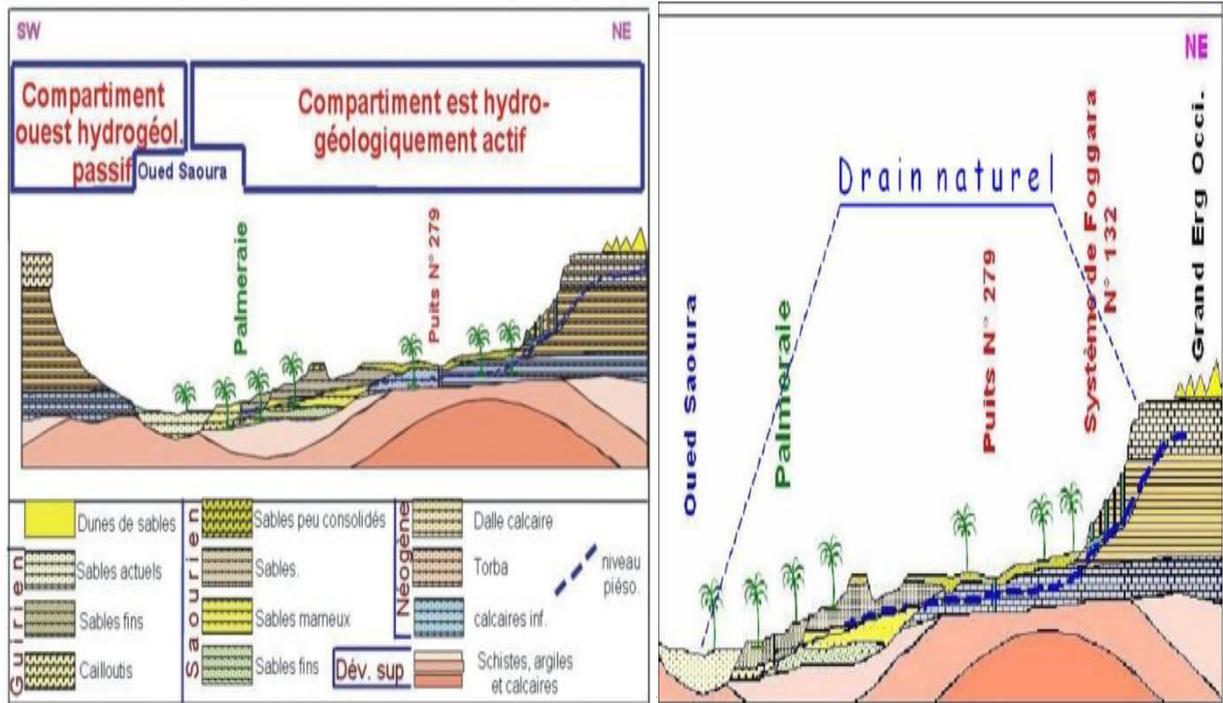


Figure II.14 : esquisse schématique du fonctionnement du système aquifère dans le bassin versant de la Saoura (Merzougui 2007).

8. Géologie

L'existence ou non d'un aquifère est conditionné par deux critères ; le premier est géologique selon une échelle lithologique et structural ; Le deuxième critère est d'ordre climatique ou paléo climatique local ou régional, qui détermine les conditions de recharge des nappes souterraines (Castany, 1982).

8.1 Stratigraphie ,:

- **Précambrien :**

Les terrains volcaniques et métamorphiques forment le précambrien.

Le précambrien affleure dans SEbkhat El Melah ʾBoukbaissat, Guettara, Bettouaris, Damrane et Kahal Tabalbala (**MEKKAOUI A 2000**)

Il comprend essentiellement des flysch schisteux gréseux souvent de couleur verte.

- **Paléozoïque**

Le paléozoïque prend lieu dans la rive droite de la Saoura, il est bien présent dans les monts d'Ougarta (chikhaoui1974, mebrouki leila) ; les différentes subdivisions du paléozoïque sont : cambrien, ordovicien, silurien, dévonien, carbonifère.

- **Tertiaire**

Les formations tertiaires sont représentées par des terrains tabulaires à l'ouest de l'oued Guir et de la Saoura ; ils forment le corps principal de la Hamada du Guir. Sur la rive gauche de l'oud Saoura, les terrains hamadiens du tertiaire plus ou moins érodés sont recouverts par les dunes de l'erg occidental.

- **Le Quaternaire**

Les formations quaternaires occupent de très grandes surfaces ; elles constituent principalement les sommets de la hamada du Guir, terrasses alluviales étagées, des encroutements calcaires plus ou moins silicifiés des Erg.

Les Formations quaternaires sont formées de l'encroûtement des calcaires de la petite Hamada, des dunes de sable, des alluvions de l'Oued Saoura et des dépôts de sebkha. Plusieurs études ont été réservées au Quaternaire.

En dehors des accumulations éoliennes du grand erg occidental, le Quaternaire comprend :

a) **Terrasses anciennes : (Pliocène - Villafranchien)**

Elles sont formées d'une série détritico-sédimentaire surmontée de conglomérats et sables.

b) **Terrasses moyennes : (Pléistocène ou le Saourien)**, appelées localement le Saourien, formées d'une série d'encroûtement surmontée par des sables fluvio-éoliens avec des passées marneuses.

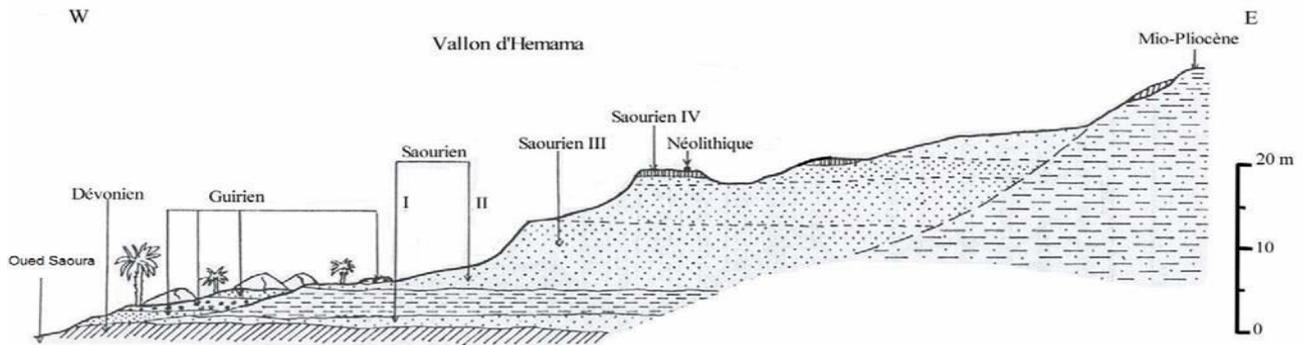


Figure II.15 : Coupe à travers la vallée de la Saoura, à Hemama près de Béni-Abbès montrant les terrasses saouriennes de la rive gauche (J. Chavaillon, 1964)

c) **Terrasses supérieures : (Holocène ou Guirien;)** Il s'agit d'une alternance de sables et graviers à stratifications entrecroisées avec présence de sables fins.

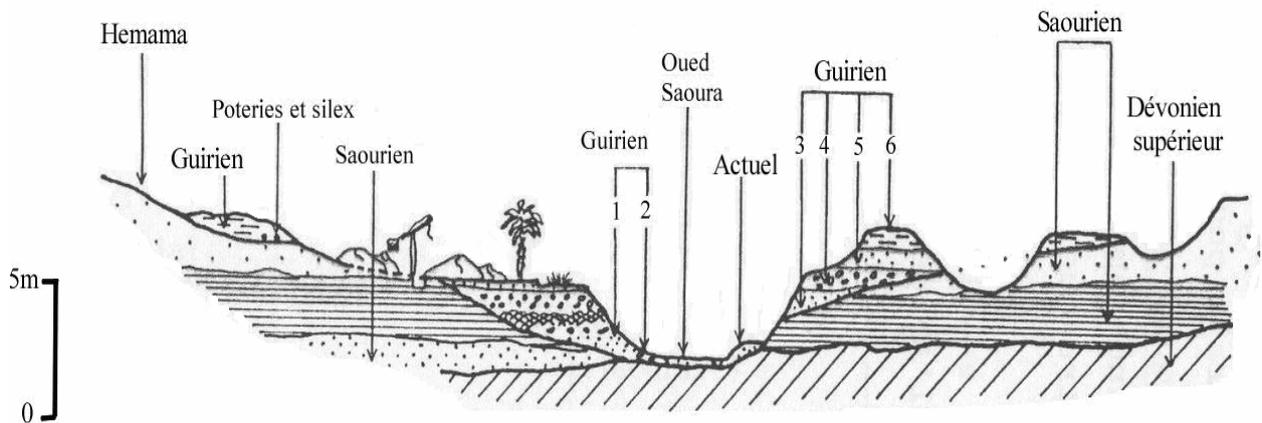


Figure II.16 : Coupe à travers la vallée de la Saoura à Hemama, près de Béni-Abbès, montrant les terrasses guiriennes (J. Chavaillon, 1964)

d) Age du Grand erg occidental

Le grand erg occidental représente la plus grande accumulation du sable impénétrable que l'on puisse rencontrer au Sahara algérienne.

Au cours du cycle du terrasse moyenne (saourien) le grand erg devait exister mais sans doute sous une forme de petit massive dunnaire.

Au cours de la période du terrasse supérieur (guirien) l'erg acquit sa massivité. Le grand erg que nous connaissons, avec ses hautes dunes bordières et sa muraille de sable, est un jeune paysage (**Mebrouk N, 2007**).

Géologiquement la région est constituée d'un substratum paléozoïque surmonté par des formations tertiaires (Hamada du Guir et la petite Hamada) qui repose en discordance sur cette dernière, puis viennent les formations du quaternaires représentées par le grand Erg occidental, Terrasses alluviales et des encroutements calcaires (**Merzougui T 1998**). Au niveau local les puits et les foggaras captent essentiellement les eaux du Mio-pliocène et du Quaternaire.

9. Conclusion

La vallée de la Saoura fait partie du Sahara Nord Occidental algérien, une des régions caractérisées par l'aridité de son climat avec une précipitation qui ne dépasse pas les 100mm/ans du fait les ressources en eau souterraine constituent le principal facteur de vie et de développement social des palmeraies.

L'étude des profils des oueds nous permis de considérer que l'oued Saoura et l'oued Guir appartiennent au même axe fluvial, tandis que l'oued Zousfana est plutôt un affluent. L'Oued Béchar, par contre, qui est compris entre le bassin du Guir et de la Zousfana est autonome, il se termine en s'ensablant dans les régions de Daïet Tiour à 40 km au Sud-Est d'Abadla et 40 km environ au nord de la confluence Guir-Zousfana (**Roche 1973**).

Les écoulements sont extrêmement variables ; ils ont généralement lieu à l'occasion de forte pluies tombées sur un court laps de temps.

Les crues contribuent d'une manière quasi annuelle au relèvement du niveau piézométrique de la nappe phréatique, liée à l'oued. Les eaux de ces crues sont très peu minéralisées, elles sont d'autant plus pures qu'elles séjournent moins longtemps à la surface du sol, donc que l'écoulement est plus rapide (**Dubief J 1953**). L'étude sur la vallée de la Saoura a montré que les eaux se chargent progressivement en sels à la fin de la crue, car le sol a tendance à se minéraliser superficiellement en raison de la forte évaporation.

Conrad avait déjà remarqué que la création de la retenue du Djorf Torba sur l'oued Guir pouvait perturber le mécanisme naturel de renouvellement des nappes phréatiques par les crues. Actuellement la création de ce barrage de régulation des crues a causé de graves dommages dans les palmeraies de la Saoura **G. Conrad et al (1975)**.

Le substratum de la région, d'âge paléozoïque, parfois antérieur, est recouvert par les

terrains tertiaires et quaternaires. Le socle précambrien, affleurant à Sebkhath el Melah, est recouvert en discordance par le Primaire des chaînes d'Ougarta qui s'étalent sur la rive droite de l'oued. Les pistes et voies de circulation sont, par contre, implantées sur la rive gauche, assurant la liaison entre les différentes palmeraies, toutes situées en bordure du Grand Erg Occidental, qui les alimente en eau potable.

Chapitre III :
Etat des lieux
des oasis de la
Saoura.

1. Introduction

La recherche d'une ressource en eau accessible et un lieu d'escale ou de refuge étaient deux causes principales dans la création des oasis à travers le monde ; les oasis de la Saoura n'échappent pas de cette règle (**Dubost, D 1992**). Les oasis sahariennes appartiennent au plus vaste désert du monde, qui s'étire de l'atlas saharien à l'Afrique subsaharienne, des rives de la Mauritanie à celle de la mer rouge. Dans ces étendues sablonneuses ou caillouteuses, à l'aridité extrême, l'oasis est un îlot de vie, un écosystème construit et maintenu par le génie de l'homme à partir d'une gestion rigoureuse de la ressource naturelle, grâce à des systèmes élaborés de collecte de l'eau tels les foggaras.

L'objectif principal de cette étude est la recherche d'éléments nous permettant de préserver le système oasien après la détermination des interactions et relations qui existent entre les différentes composantes du système oasien à savoir :

- Le facteur humain (âge, niveau d'instruction, secteur d'activité, fonction, etc.)
- Le bâti (type de bâti, affectation, permis de construction, l'abattage des palmiers dattiers, etc.),
- L'exploitation (origine, taille, utilisation de la main d'oeuvre, etc.),
- Le couvert végétal (nombre de palmiers, diversité variétale, etc.),
- Les productions oasiennes (rendements, commercialisation, etc.),
- La situation hydrique en terme quantitatif et qualitatif.

2. Situation géographique des oasis de la Saoura

Les **62** oasis de la Saoura considérées comme des îles vertes, se dispersent dans un vaste océan des dunes dans le sud-ouest de l'Algérie. Limité au nord par les Monts des Ksour et le Haut Atlas marocain, à l'ouest par la hamada de Guir, à l'est par le grand erg occidental et au sud par le plateau du Tanezrouft ; à partir de la région d'Ighli un important cours d'eau nommé oued Saoura prend naissance et qui est le résultat de la confluence (fusion) de deux cours d'eau : oued Guir (sur le haut atlas marocain) Et oued zouzfana (sur les montagnes des ksours entre Figuig et Béni Ounif).

L'Oued Saoura continue à couler en surface sur une longueur de 600km et à chaque endroit où les conditions naturelles sont favorables apparaissent une suite de palmeraies qui sont du nord au sud : Ighli, Béni-Abbes, El Ouata, Kerzaz, Beni Ikhlef, Timoudi, Ouled Khoder, Elksabi. La surface couverte par ces oasis est égale à **4679ha**.

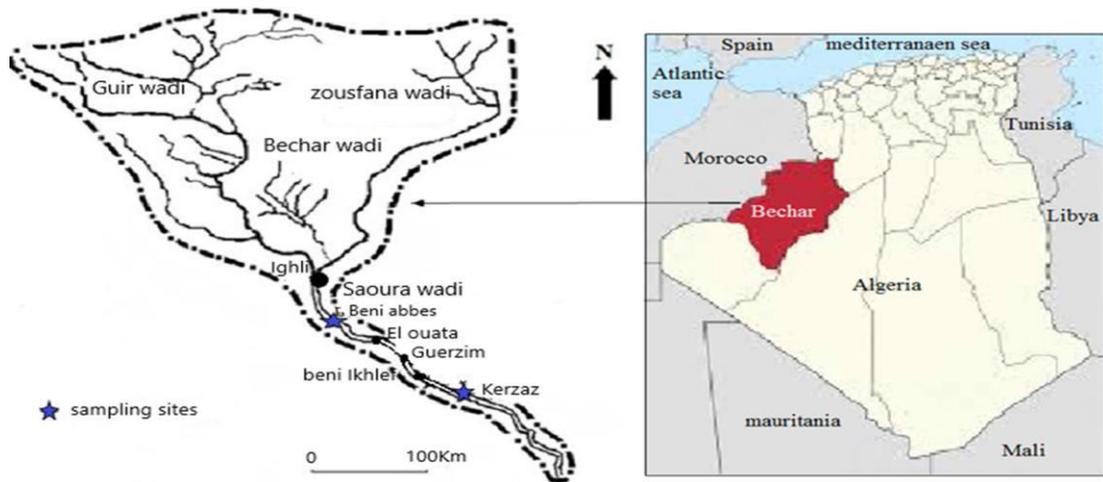


Figure III.1 : situation géographique des oasis de la Saoura (Benmoussa Y, 2020).

3. Démographie et socio-économie

La population du grand sud algérien avoisine les 3 694 5561 habitants soit 10.60% de la population totale qui sont répartie dans une superficie de 2 millions km² (DPAT Bechar 2017) C'est dans ce vaste territoire que le génie humain a créé des systèmes d'exploitation dans un climat très aride donnant lieu à la naissance des anciennes oasis. Depuis des années, Le Sahara Algérien et à l'instar des autres zones du pays a connu de fortes mutations liés à la croissance démographique. Les populations sont essentiellement concentrées autour de l'ancien K'sar de l'oasis. Cette situation démographique pèse sur la demande des produits agricoles. Ce déséquilibre entre la production agricole et la croissance de la population s'est traduit par une dépendance alimentaire accrue vis-à-vis du nord du pays et de l'extérieur.

Le facteur humain est considéré comme le principal élément agissant, favorablement ou défavorablement, dans l'équilibre des écosystèmes. Toutefois, un certain nombre d'indicateurs nous permettent d'identifier et de caractériser les agriculteurs de la région. Pour le facteur humain, nous analyserons successivement les points suivants :

3.1 Population

Les oasis de la Saoura n'échappent pas à cette règle. La population du grand sud avoisine les 3 694 5561 habitants soit 10.60% de la population totale (DPAT Bechar 2017) qui sont répartie dans une superficie de 2 millions km². C'est dans ce vaste territoire que le génie humain a créé des systèmes d'exploitation dans un climat très aride donnant lieu à la naissance des anciennes oasis (aujourd'hui sont devenu des communes). Depuis des années, Le Sahara Algérien et à l'instar des autres zones du pays a connu de fortes mutations liés à la croissance démographique. Les populations sont essentiellement concentrées dans les grandes

agglomérations. Cette situation démographique pèse sur la stratégie de développement durable des oasis.

Le nombre de population par commune est donné dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : répartition spatial de la population de la wilaya de Bechar (DPAT Bechar 2017)

| COMMUNES | POPULATION (HAB) | | SUPERFICIE (KM2) | | DENSITE (HAB/KM2) |
|--------------|------------------|------------|------------------|------------|-------------------|
| | VALEUR | % | VALEUR | % | |
| BECHAR | 224149 | 62,01 | 5 050 | 3,13 | 44,39 |
| BENI-OUNIF | 13930 | 3,85 | 16 600 | 10,29 | 0,84 |
| LAHMAR | 2616 | 0,72 | 820 | 0,51 | 3,19 |
| MOUGHEUL | 632 | 0,17 | 640 | 0,40 | 0,99 |
| BOUKAIS | 1075 | 0,30 | 1 760 | 1,09 | 0,61 |
| KENADSA | 16801 | 4,65 | 2 770 | 1,72 | 6,07 |
| MERIDJA | 699 | 0,19 | 2 270 | 1,41 | 0,31 |
| TAGHIT | 7742 | 2,14 | 8 040 | 4,98 | 0,96 |
| ABADLA | 21931 | 6,07 | 2 870 | 1,78 | 7,64 |
| E-FERRADJ | 4580 | 1,27 | 6 410 | 3,97 | 0,71 |
| MACHRAA HB | 3327 | 0,92 | 2 820 | 1,75 | 1,18 |
| TABELBALA | 6553 | 1,81 | 60 560 | 37,52 | 0,11 |
| IGLI | 7901 | 2,19 | 6 220 | 3,85 | 1,27 |
| BENI-ABBES | 17156 | 4,75 | 10 040 | 6,22 | 1,71 |
| TAMTERT | 1253 | 0,35 | 3 130 | 1,94 | 0,40 |
| EL OUATA | 10008 | 2,77 | 7 950 | 4,93 | 1,26 |
| KERZAZ | 6230 | 1,72 | 10 520 | 6,52 | 0,59 |
| BENI-IKHLEF | 3009 | 0,83 | 2 615 | 1,62 | 1,15 |
| TIMOUDI | 2693 | 0,74 | 6 175 | 3,83 | 0,44 |
| O-KHODEIR | 5152 | 1,43 | 1 920 | 1,19 | 2,68 |
| KSABI | 4059 | 1,12 | 2 220 | 1,38 | 1,83 |
| TOTAL | 361496 | 100 | 161 400 | 100 | 2,24 |

Une analyse rapide des données de la population et des superficies des communes montre que la population de la wilaya est donc mal répartie sur le plan spatial.

Près de 62% de la population de la wilaya est concentré au niveau du chef-lieu de wilaya sur une superficie de 3.13 % seulement de la superficie totale. Ce qui confirme l'exode rural qu'a souffert les oasis de la Saoura. Aujourd'hui les palmerai souffrent non seulement de l'exode rural mais aussi de la concurrence par d'autre secteur tel que le tourisme sur les ressources hydriques, cette situation a transformée les oasis en zone touristiques saisonnière et abandonnée pendant le reste de l'année.

3.2 Age

L'âge de la population est déterminant dans le travail agricole, la relève et la pérennité de l'activité agricole au niveau des oasis. Pour notre cas d'étude, nous avons classé les exploitants en quatre catégories distincts, comme suit :

- Classe des jeunes de moins de 35 ans, pour juger la relève du savoir-faire entre les anciens agriculteurs et la jeune génération.
- Classe intermédiaire entre 35 et 50 ans, c'est la classe la plus active et sur laquelle tout le travail agricole peut se reposer,
- Classe de 50 à 60 ans, c'est la classe qui peut mieux et plus transmettre le savoir faire pour les générations futures,
- Classe des vieux où tous les exploitants de plus de 60 ans sont regroupés.

Tableau : moyenne des tranches d'âge au niveau des palmerai de la Saoura (DSA Bechar).

| Tranches d'âge (ans) | Moyenne d'âge (ans) | Pourcentage (%) |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| 20-35 | 36 | 8% |
| 36-50 | 47 | 16% |
| 51-60 | 56 | 24% |
| >60 | 65 | 52% |
| Moyenne | 58 | |

Le tableau suivant montre que les jeunes d'aujourd'hui, ne voient plus leur avenir dans le secteur agricole. Cette situation est d'autant plus alarmante quant on trouve que l'âge moyen des oasiens d'aujourd'hui est très proche de 60 ans, comme le montre le tableau ci-après, ce qui pose même le problème de l'avenir des unités de production actuelle.

La main d'œuvre oasienne devient de plus en plus rare surtout celle jeune. Concurrencée par d'autres activités « moins dures » (comme nous l'ont signalé quelques rares jeunes que nous avons rencontrés) et plus rémunératrices, l'agriculture oasienne voit ses ouvriers spécialisés quitter l'activité agricole vers d'autres secteurs tels que le bâtiment, les services...etc. Ainsi, le nombre de « grimpeurs », qui assurent les tâches les plus nécessaires tels que le toilettage, la pollinisation et la récolte et donc qui constituent la main d'œuvre la plus précieuse pour la production du palmier dattier, a diminué considérablement ces dernières années.

3.3 Niveau d'instruction

Le niveau d'instruction des exploitants reflète le degré de pouvoir innover et introduire de nouvelles techniques agricoles au niveau de l'oasis. **85 %** des agriculteurs oasiens sont illettrés ; cette proportion élevée fait que l'acceptation des innovations proposées par les services techniques reste très réduite. Cependant, il est absolument nécessaire d'organiser des cycles d'apprentissage dans le domaine des techniques agricoles, vétérinaire et la maintenance électro -mécanique.

4. Superficie (Surface irriguée)

Les oasis de la wilaya de Bechar sont au nombre de **62** couvrant une superficie de **4679ha**.

Nous ne disposons que La répartition de la superficie phoenicicole par commune de la wilaya de Bechar qui est représentée dans la figure.

Figure N° 2 : Superficie phoenicicole par commune au niveau des oasis de la wilaya de BECHAR

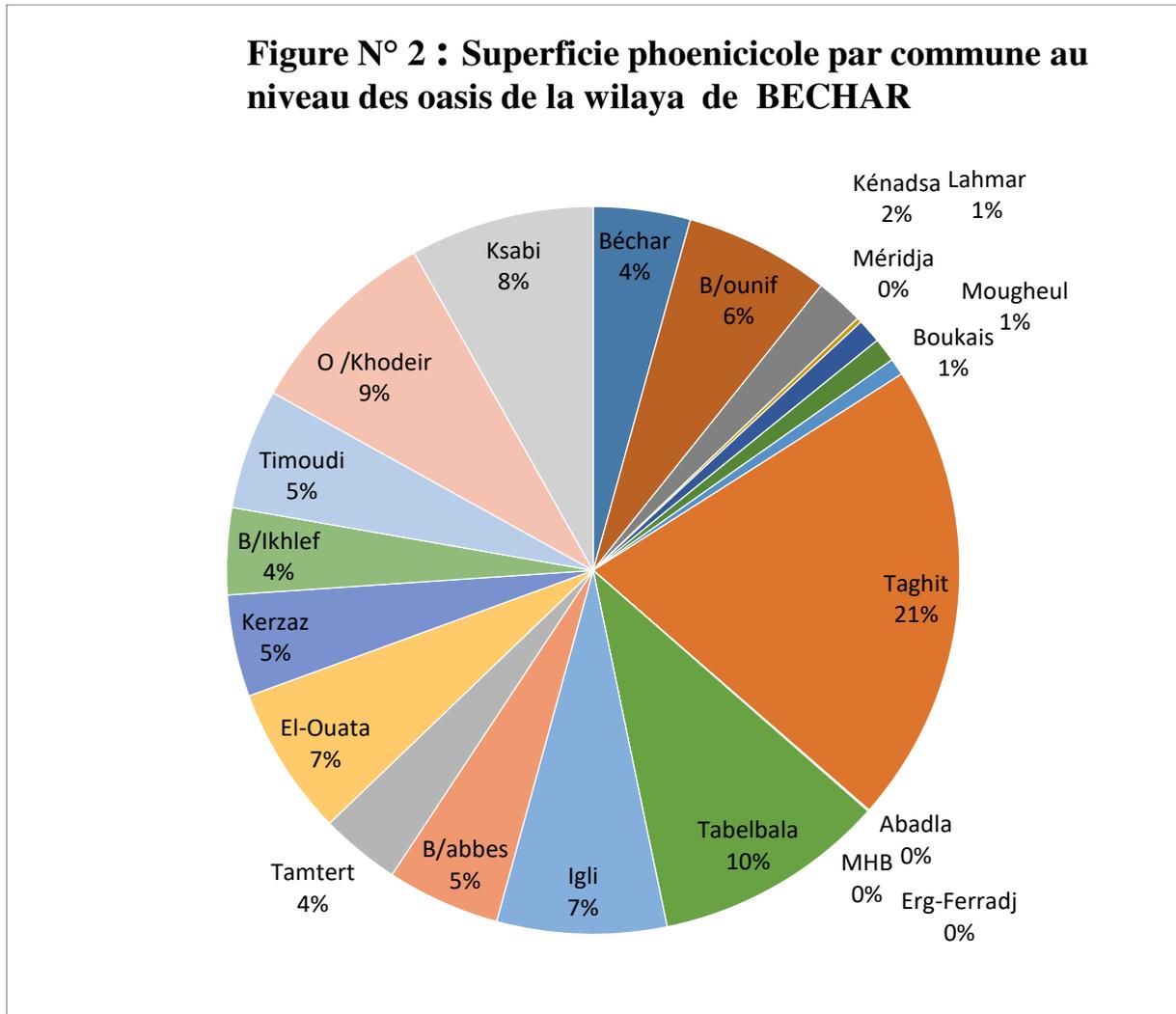


Figure III.2 : superficie phoenicicole par commune au niveai des oasis de Bechar

Source : Subdivisions agricoles de la wilaya de BECHAR, 2013

Nous remarquons que TAGHIT vient en tête de l'ensemble des communes en matière de superficie phoenicicole 21%.

On ne dispose pas des données plus antérieurs pour juger l'évolution de la surface phoenicicole dans le temps.

5. Production agricole

Les oasis de la Saoura ne sont plus en autosuffisances, la majorité des produits alimentaires viennent de l'extérieur. Les principales zones d'approvisionnement sont, selon mes observations, la région d'Adrar et surtout les régions d'El oued ,Mascara et de Sétif.

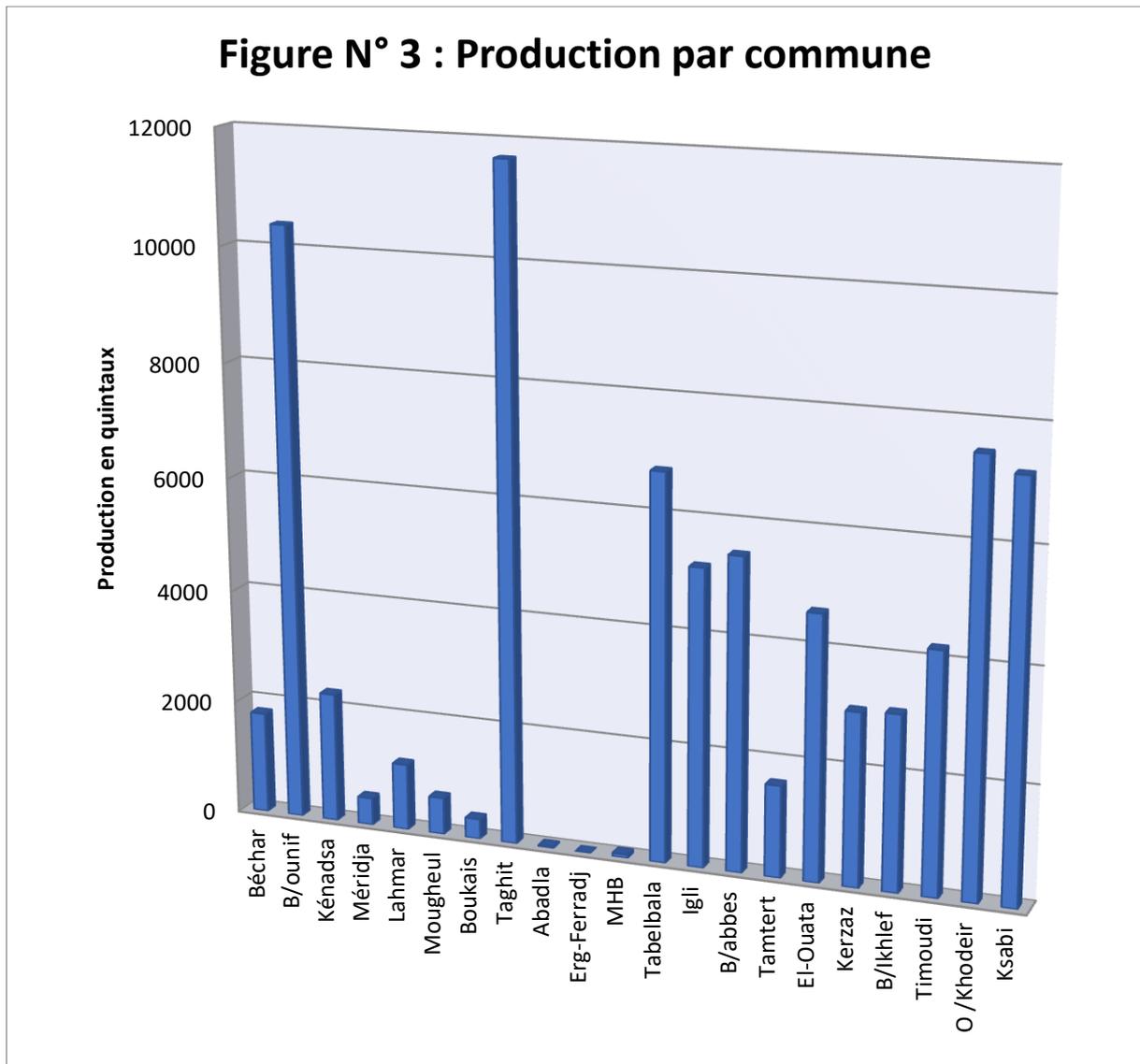


Figure III.3 : nombre de palmier dattier par commune

Source : Subdivisions agricoles de la wilaya de BECHAR,2013

La palmeraie de TAGHIT compte 115.200 palmiers dattiers dont 58.500 palmiers productifs. Nous remarquons que la commune de TAGHIT vient en tête de la production qui est estimée à 11.700 quintaux. Les oasis de la Saoura présentent une production annuelle qui ne dépasse pas les 7500 quintaux/an.

En ce qui concerne les palmerais de la Saoura tel que Béni Abbés où superficie agricole totale de **40** hectares qui englobe environ de **350** parcelles appartiennent a **42** familles, seuls **50%** sont utile, et comporte 20000 palmiers, mais seulement la moitié de ces palmiers sont productifs, avec un rendement moyen de **25/30** Kg par palmier de déférentes qualités

importantes comme ''Toumliha'', ''Cherka'', ''Feggous'', ''M'charet'', ''Adam''s, ''Gharas''.

6. Système d'irrigation

Dans les oasis de la Saoura, les agriculteurs utilisent deux méthodes pour irriguer leurs terres. Ils profitent des crues occasionnelles de la vallée de la Saoura qui se produisent au moins une fois dans l'année en inondant leurs terres d'eau et de sédiments riches en matière organique nécessaire pour doubler leurs récoltes ; C'est l'irrigation saisonnier. Ceci engendre un lessivage total du sol en fait Tout le sel déposé est complètement évacué.

Une partie des eaux des crues s'infiltré dans les couches souterraines et réalimentent les nappes phréatiques et assure la remonter de leurs niveaux piézométriques. Cette situation permis aux agriculteurs en période de sécheresse d'irriguer leurs oasis grâce aux techniques ancestrales de captage et de partage des eaux (foggaras, puits à balancier...etc.)

6.1. La khottara

Le long de l'oued Saoura en partant de l'oasis d'Igli jusqu'à l'oasis de Kerzaz sur une distance de 100 km en passant par les oasis de Beni Abbas, El Ouata, Guerzim, Beni Ikhlef, des palmeraies se sont développés depuis des siècles grâce à des khottaras réalisées avec des moyens rudimentaires le long de l'oued Saoura (fig. 3). Plus de 1500 khottaras ont été réalisés au niveau de ces oasis, dont plus de 600 Khottaras sont localisées dans l'oasis de Kerzaz : la capitale des Khottaras. On les retrouve partout dans la palmeraie et sont orientées dans toutes les directions. Dés fois, ils sont à moins de 50 m l'un de l'autre (fig. 4 et 5). L'hydrogéologie de la région a imposé cette technique de captage des eaux souterraines. La faible profondeur du niveau de la nappe phréatique qui varie entre 4 et 7m a encouragé les oasiens à réaliser les puits à balancier.

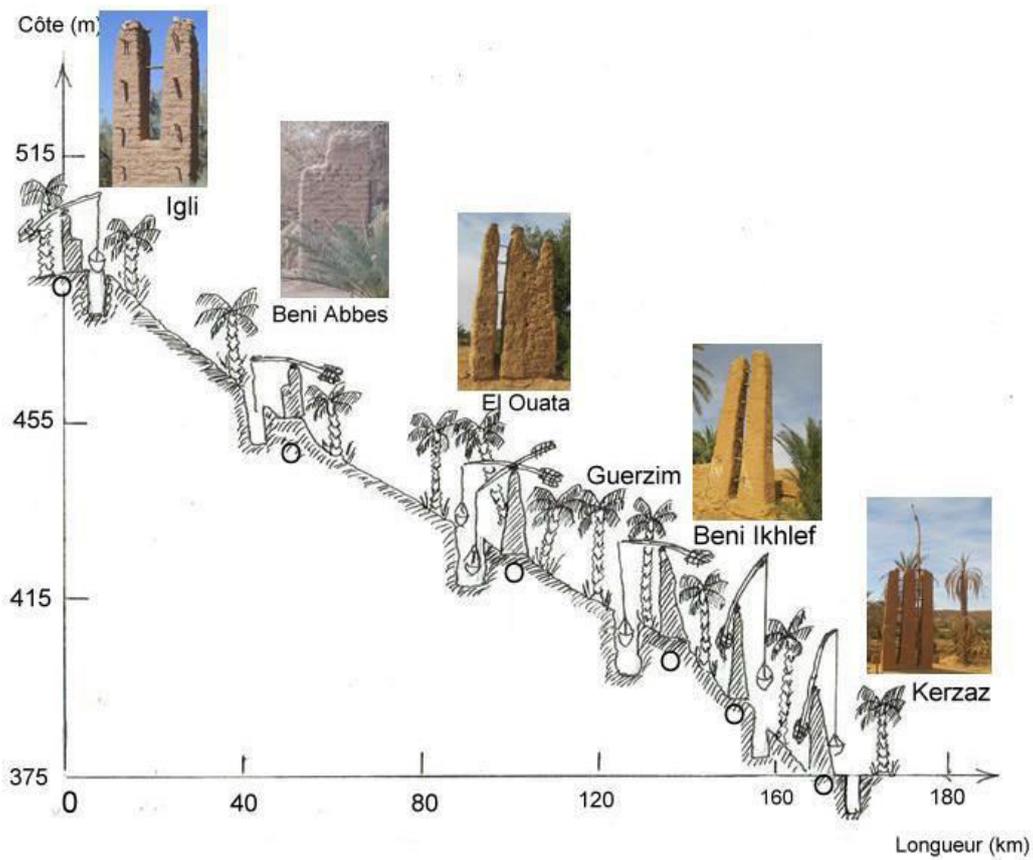


Figure III.4 : type de khottara au niveau des oasis de Bechar (**Rezzoug C, 2017**).

Considérée comme originalité de la Saoura, appelée aussi puits à balancier. Cette technique repose sur 4 éléments, figure () :

- Le Montant (pied droit) en argile d’une hauteur dépassant les 6 m.
- Le balancier
- L’axe de rotation
- Le Delou

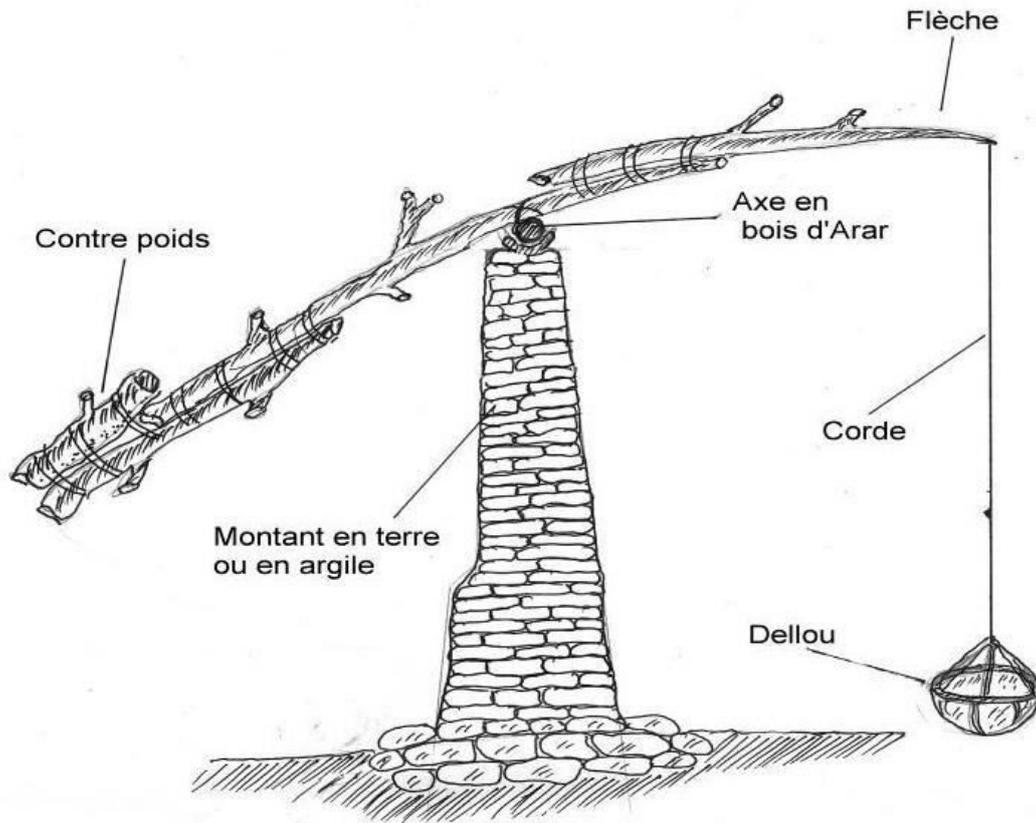


Figure III.5 puits à balancier (Rezzoug et al, 2017).

Le montant

L'élément fixe d'un puits à balancier est représenté par le montant ou le pied droit réalisé en matériaux locaux. dans la Saoura, les montants des khottaras se ressemblent. C'est ainsi que les montants des khottaras des oasis : El Ouata, Beni Ikhlef, Guerzim et Kerzaz sont bâtis en terre.

D'une hauteur de 6 à 7 m, le montant est réalisé avec deux poteaux de section rectangulaire placés parallèlement l'un à côté de l'autre espacés de 30 cm. D'autres types de montants ont été observés dans l'oasis de Kerzaz, ils sont réalisés en pierres et en argile mais l'architecture reste la même. Cependant dans les oasis d'Igli et de Beni Abbes, les montants des Khottaras visités présentent une architecture différente. Bâtis en terre, ces montants ont une hauteur qui oscille entre 3 et 4 m (fig. 7).



a) Kerzaz (Remini, 2014)



b) El Ouata (Remini, 2014)



c) Beni Ikhlef (Remini, 2014)



d) Igli (Rezoug, 2013)



e) Kerzaz (Remini, 2014)



f) Beni Abbes (Remini, 2014)

Photo III.1: quelques puits à balancier des oasis de Bechar (**Remini et al, 2017**)

Balancier

L'élément mobile représenté par une tige d'arbre de type Arar qui représente le balancier et possédant la forme d'une perche de longueur totale de 10 m environ (fig. 8). Généralement, le balancier de la Khottara est une tige de l'arbre d'Arar qui commence par la partie épaisse (la queue) et se termine par la partie mince ; la flèche. C'est à l'extrémité de la flèche que la corde qui relie le Delou est attachée. Il est impossible de trouver une tige simple

d'une telle longueur. C'est pour cette raison que la flèche est composé de deux à trois tiges attachés par des fils solides (fig. 9).



Photo III.2 balancier d'une khottara (Remini et al, 2017).

L'axe de rotation

L'axe de rotation du balancier est une tige de bois Arar de 60 à 70 cm de longueur. Elle doit être rectiligne et bien taillée afin d'assurer les mouvements rotationnels avec moins de frottements. L'axe de rotation est attaché perpendiculairement au balancier et à 2/3 ou 1/2 environ à partir de la queue. L'ensemble (axe de rotation et la perche) est posé sur le sommet du montant pour assurer le basculement du fléau. Il suffit d'un faible effort appliqué sur la corde que ce soit un mouvement descendant ou ascendant pour faire basculer la tige. Deux

types de balanciers ont été mis en évidence : Balancier à contre poids et balancier à long bras amont (fig. 9).

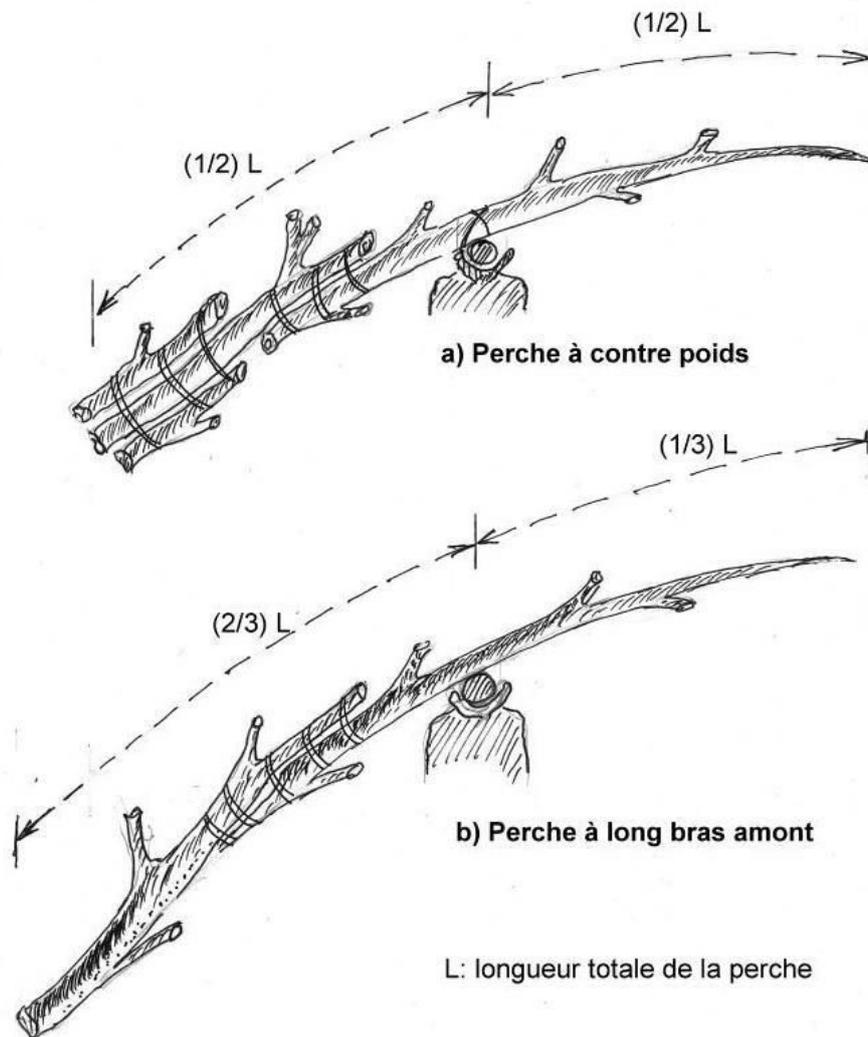


Figure III.6 axe de rottation d'une khottara (Remini et al, 2017).

Le Delou

Le Delou qui veut dire une poche de cuire, réalisée en peau de chèvre ou de chameau qui prend la forme d'une sphère ou d'un parabolôïde coupée au sommet lorsqu'elle est bien remplie d'eau. Pour avoir une ouverture rigide de la poche, un cercle de 30 cm de diamètre en bois d'Arar est attaché à l'ouverture souple de la poche. Une tige de 1 m de périmètre environ et de 1 à 2 cm d'épaisseur dont les deux extrémités sont reliées entre elles de telle sorte à former un cercle de diamètre de 20 à 30 cm. Selon Gatier (1995), le volume de Delou rempli d'eau varie entre 3 à 6 litres. L'ouverture de la poche de cuire est attachée directement au cercle de bois, l'ouverture devient rigide et permet à l'eau de remplir le seau rapidement. L'ensemble : la poche de cuire et le cercle de bois sont attachés par trois fils de 30 cm de long

équidistants pour former une pyramide dont le sommet est relié à l'extrémité de la flèche par l'intermédiaire d'une corde de 10 m de longueur environ. Les quatre éléments (la poche de cuire, la corde, le fléau et montant) constituent le système de puisage mécanique simplifié appelé la Khottara de la Saoura.

On peut citer les khottaras à simple, double, triple et même quatre perches.

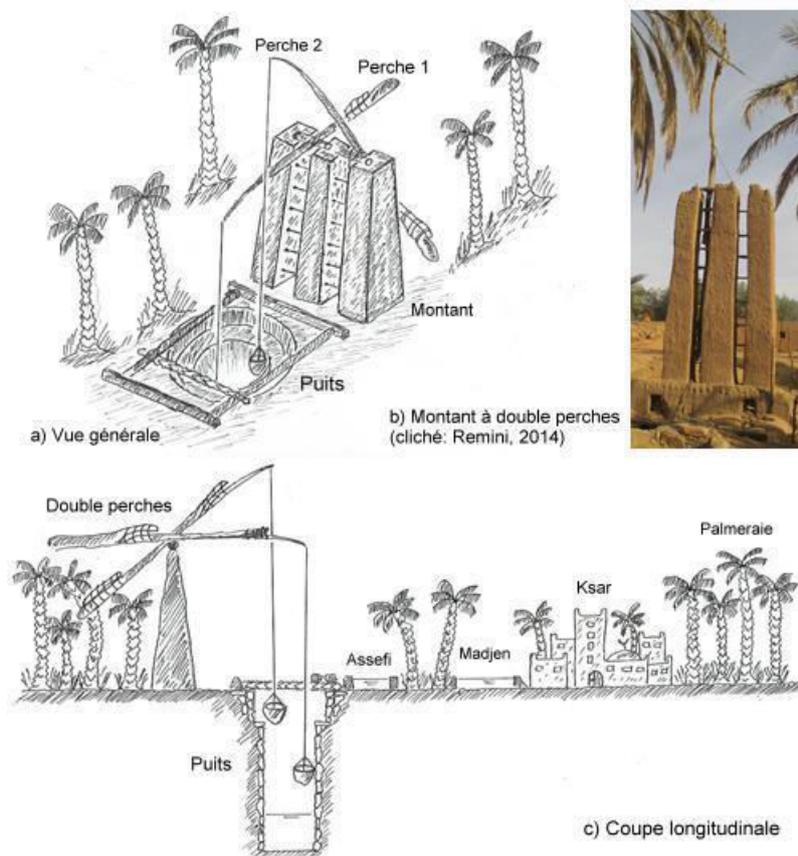


Figure III.7 delou à double perches d'une khottara (Remini et al, 2017).

6.2 Foggaras

Le terme de foggaras désigne une canalisation d'eau souterraine, simple ou à aqueduc dans certains pays ; elle représente au Sahara algérien tout un système de drainage des nappes d'eau souterraines. Une foggara est un puits horizontal légèrement incliné qui permet de capter les eaux drainées de s'écouler lentement jusqu'à la surface du sol. Il suffit d'avoir le niveau de la nappe au-dessus du niveau des jardins

La foggara des oasis algériennes est constituée par un puits horizontal légèrement incliné qui permet de capter les eaux drainées de s'écouler lentement jusqu'à la surface du sol. Il suffit

d'avoir le niveau de la nappe au-dessus du niveau des jardins. L'eau est donc drainée et assure l'arrosage par simple gravité.

Le système de foggara est intéressant dans la mesure où il constitue depuis longtemps le fondement de l'organisation socio-économique et continue à modeler l'espace et la vie dans le Sahara algérien et dans les régions arides de façon générale.

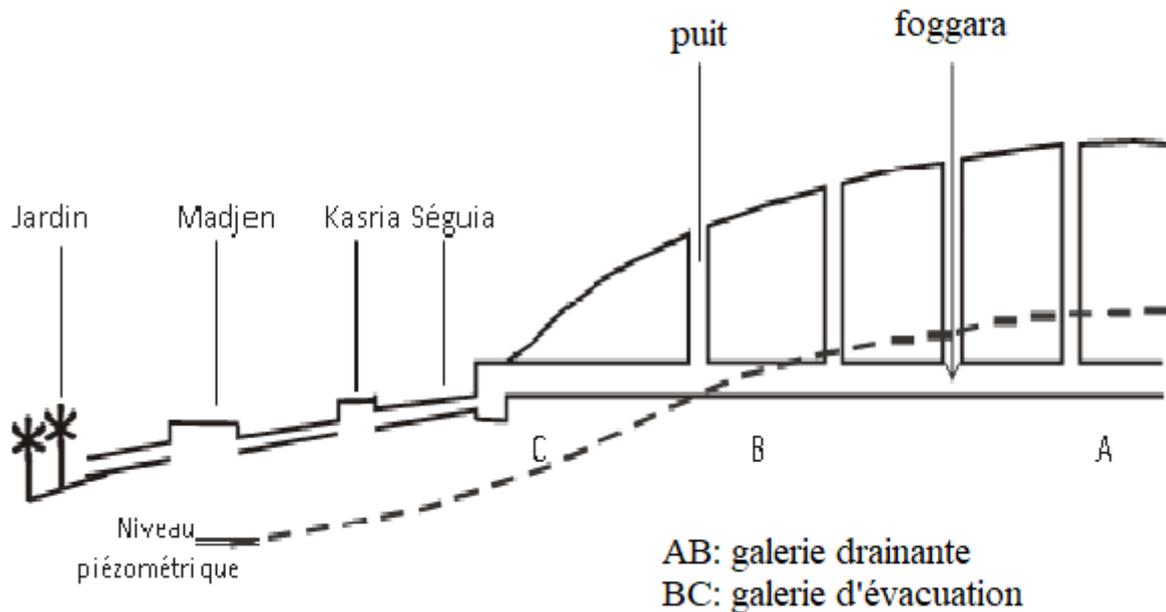


Figure III.8 : schéma de fonctionnement d'une foggara (Cornet A, 1962).

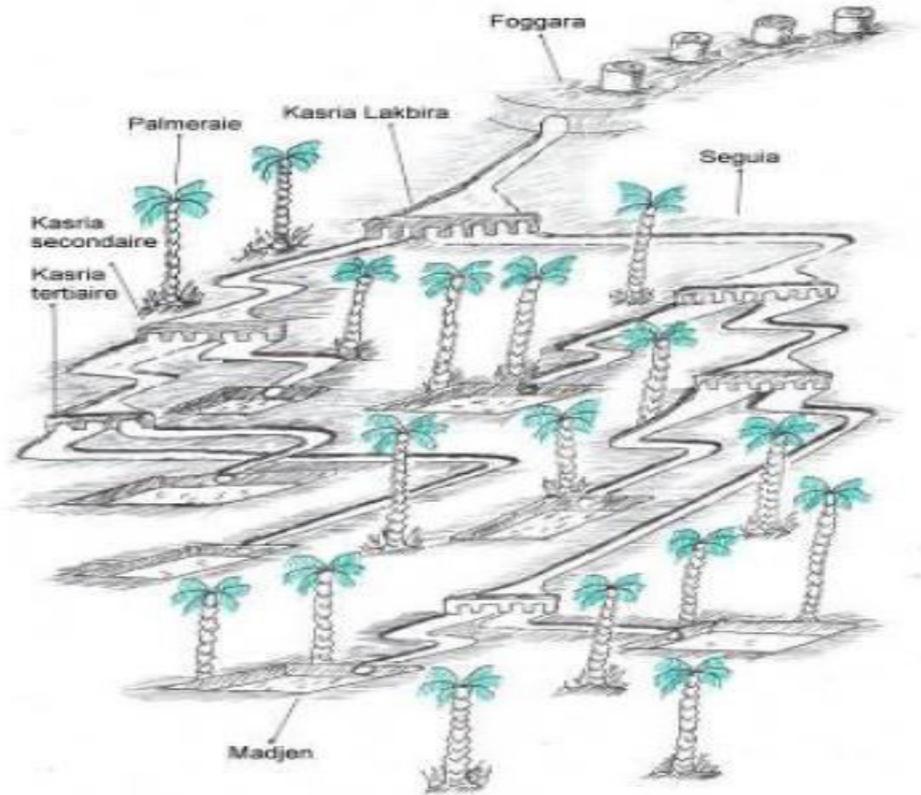


Figure III.9 foggara et ses différentes seguias (Remini B,2019).

La galerie AB passe sous la surface piézométrique et draine la partie haute de la nappe, c'est la section active de la foggara. La partie d'évacuation BC présente une légère pente de l'amont vers l'aval permettant l'écoulement de l'eau vers l'extérieur en direction des séguia. La majorité des foggaras sont malheureusement mortes en raison du manque d'entretien et de leur curage.

7. Enjeux et problèmes

7.1 Salinité

La salinité des eaux souterraines a augmenté au fil des années après la construction du barrage Djorf Torba , ce dernier retient d'énorme quantité d'eau responsable du lessivage des sels à travers les crues de l'oued Guir-Saoura conjugué avec la forte évaporation qui régent dans la région. En effet le climat très aride de la région est caractérisé par une saison sèche prolongée pendant laquelle la chaleur et l'insolation provoquent une évaporation intense engendrant des remontées salines assez forte par l'effet de capillarité. En plus La prolifération anarchique des moto pompes au détriment des systèmes traditionnels (Foggaras et Khottaras) a engendré un rabattement important du niveau de la nappe par la surexploitation de celle-ci, cette situation oblige les oasisiens non seulement d'abandonner leurs khottaras qui profitaient

de la faible profondeur de la nappe (4 à 7m), mais aussi fait appel des eaux de l'infero flux qui sont caractérisées par leur degré de salinité assez fort.

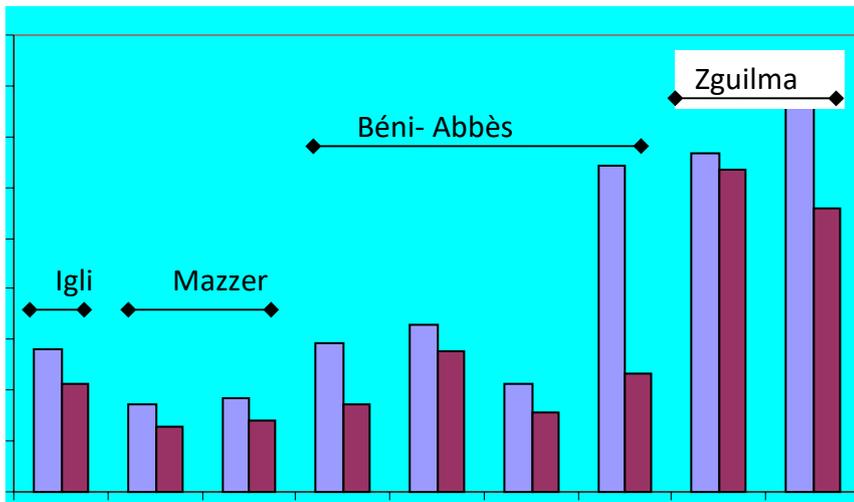


Figure III.10 évolution temporelle de la salinité dans les oasis de Mazzer et Igli (Mebrouk N, 2007).

7.2 Effondrement

L'effondrement des dizaines de Khottaras suite à chaque crue et inondation et La disparition totale de système hydraulique ancestral puisqu'il ne reste pratiquement aucune Khottara en service. Les derniers puits à balancier ont survécu jusqu'au début des années deux mille.



photo III.3 Khottara effondrée lors de la crue de 2008 (Remini B, 2014).

7.3 Ensablement

La dynamique éolienne a engendré L'ensablement des oasis, ce phénomène est accéléré par le changement climatique et Le manque du main d'œuvre qualifiée pour garantir l'entretien des khottara.



Photo III.4 Ensablement des Khottaras dans l'oasis de l'Ouata (**Remini, 2014**)



Photo III.5 ensablement d'une foggara à guerzim (beni abbes)
Foggara abandonnée de zghamra à beni abbes (**auteur 2016**)

7.4 Surexploitation de la nappe

Si jadis les oasis se sont maintenues grâce à la rationalisation des ressources et un savoir-faire traditionnel, on assiste ; au niveau des périmètres de mise en valeur agricoles à la modération des taches agricoles (surtout l'irrigation). La pratique de l'irrigation abusive dans les nouveaux périmètres agricoles et l'augmentation des besoins urbains sont venues fragiliser

l'équilibre dans les oasis. Ceci se traduit par un abaissement du niveau piézométrique de la nappe et tarissement des systèmes de captage traditionnels tel que Foggaras et Khottaras.

Les foggaras et seguias qui alimentaient les palmerais auparavant avec un débit faible mais régulier sont toutes taris après la mise en opération des forages. (mebrouk Naima)

7.5 Changement climatique

Les oasis algériennes se situent sous des latitudes sahariennes entre 17 ° et 35 °. Elles se caractérisent par un macroclimat *très chaud et sec* en été, doux en hiver. La saison sèche peut durer jusqu'à 10 mois ce qui implique une obligation d'apport d'eau pour les cultures à mettre en place. L'agriculture oasisienne fonctionne grâce aux différents systèmes de partage et de gestion d'eau. De plus, l'augmentation des températures, la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, l'intense luminosité et la forte évaporation impactent directement les systèmes agricoles et imposent une nouvelle adaptation. Ce réchauffement climatique a entraîné une baisse des rendements agricoles (quantité et qualité des dattes), ce qui aura pour conséquence un déséquilibre sur le marché et une diminution des revenus.

7.6 Dégradation de l'espace oasien et expansion démographique

Des périmètres de mise en valeur agricole se sont installés dans la plupart des zones du sud, venant ainsi modifier l'écosystème oasien. Si jadis les oasis se sont maintenues grâce à la rationalisation des ressources et un savoir-faire traditionnel, on assiste ; au niveau des périmètres agricoles à la modération des taches agricoles (surtout l'irrigation). La production est basée exclusivement sur l'irrigation à partir des réserves hydriques. La consommation importante en eau par ces périmètres exerce une pression importante au niveau des nappes et provoque aussi une dégradation des sols. La diminution des débits et l'expansion de l'urbanisme constituaient les principaux facteurs du déséquilibre observé il y a 21 ans (Bennadji et al, 1998) et sans doute, d'avantage aujourd'hui. Les auteurs mettaient en cause le poids démographique et les activités commerciales qui ont suivi ayant entraîné un détournement des eaux au dépend du secteur agricole. La pratique de l'irrigation abusive dans les nouveaux périmètres agricoles et l'augmentation des besoins urbains sont venues fragiliser l'équilibre dans les oasis.

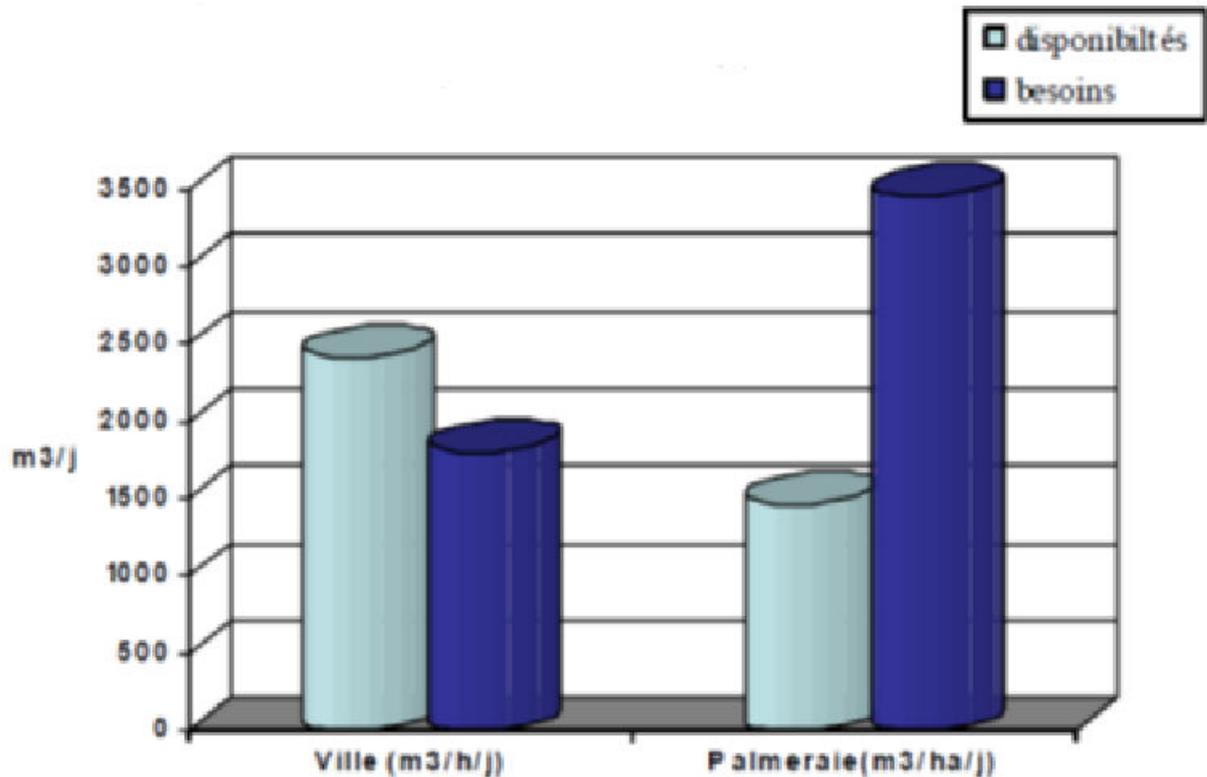


Figure III.11 : besoins et disponibilité en eau dans l'oasis de Béni Abbes (Merzougui T et al. 2008)

- Les terres et les droits d'eau se sont divisés de génération en génération et les tours d'eau se sont allongées, la durée du tour d'eau est passé de 26 heures à 76 heures (nettement excessive par rapport au besoin des cultures)
- La superficie des exploitations dans la palmeraie par rapport au nombre de famille qui en vivent n'a cessé de se rétrécir par effet de l'exiguïté de l'héritage successive. On arrive à des exploitations d'au moins de 1ha dans certaines palmerais.
- L'indivision et l'importance du système « habous » rend la transaction foncière et l'exploitation de la terre très difficile.
- La révolution agraire a contribué à la suppression du système de métayage (khemassa), Une proportion de petits propriétaires qui employaient auparavant les khamès se sont mis à cultiver leurs terres eux-mêmes. Certains sont devenus ouvriers saisonniers et sont absents de la palmeraie plusieurs mois dans l'année et Le problème de l'exode des jeunes qui migrent vers les centres urbains pour améliorer leurs salaires vient accélérer la dégradation des palmeraies de la Saoura (Azedine A, 2013).

- Le palmier dattier n'appartient toujours au propriétaire du sol où il pousse ce qui pose un problème dans l'exploitation et l'entretien de la palmeraie (curage des foggaras, entretien des conduites...etc.) (Azedine A, 2013).
- Les oasis de la Saoura sont de type classique avec une densité importante des palmiers dattiers (180 à 300 palmier/ha) ; cette exploitation intensive de la palmeraie et le plus souvent sous de touffes encombrantes au lieu de mono-stipes a favorisé le développement et la transmission des maladies tel que Bayoud (Maladie cryptogamique mortelle du palmier). Cette situation rend difficile non seulement le renouvellement des vieux palmiers mais aussi la transition vers la mécanisation des oasis (photo sur place).

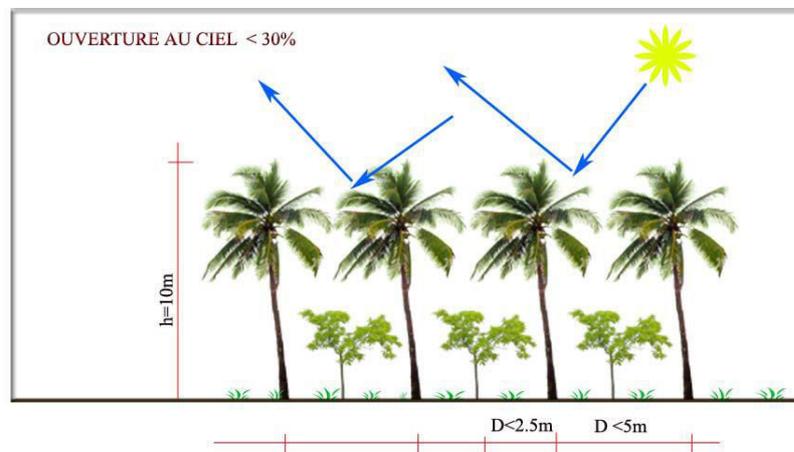


Figure III.12 : implantation trop serrée des palmiers.

- La baisse de la qualité des dattes due au vieillissement des palmiers non rajeunis ce qui influe sur leur valeur sur le marché en plus crée le problème d'érosion génétique (Un cultivar est dit menacé d'érosion quand il est âgé, ne produit plus de rejets et n'est plus multiplié dans aucune exploitation) (Azedine A, 2013).
- La diminution des apports d'eaux de l'erg occidental causée par la réalisation anarchique des forges entravant le drain naturel de ce dernier vers les oasis.
- L'assèchement de l'oued Saoura suite à la construction du barrage Djorf Torba. Les sédiments riches en éléments nutritifs sensés se déposer dans les jardins des palmeraies se trouvent actuellement au fond du barrage.

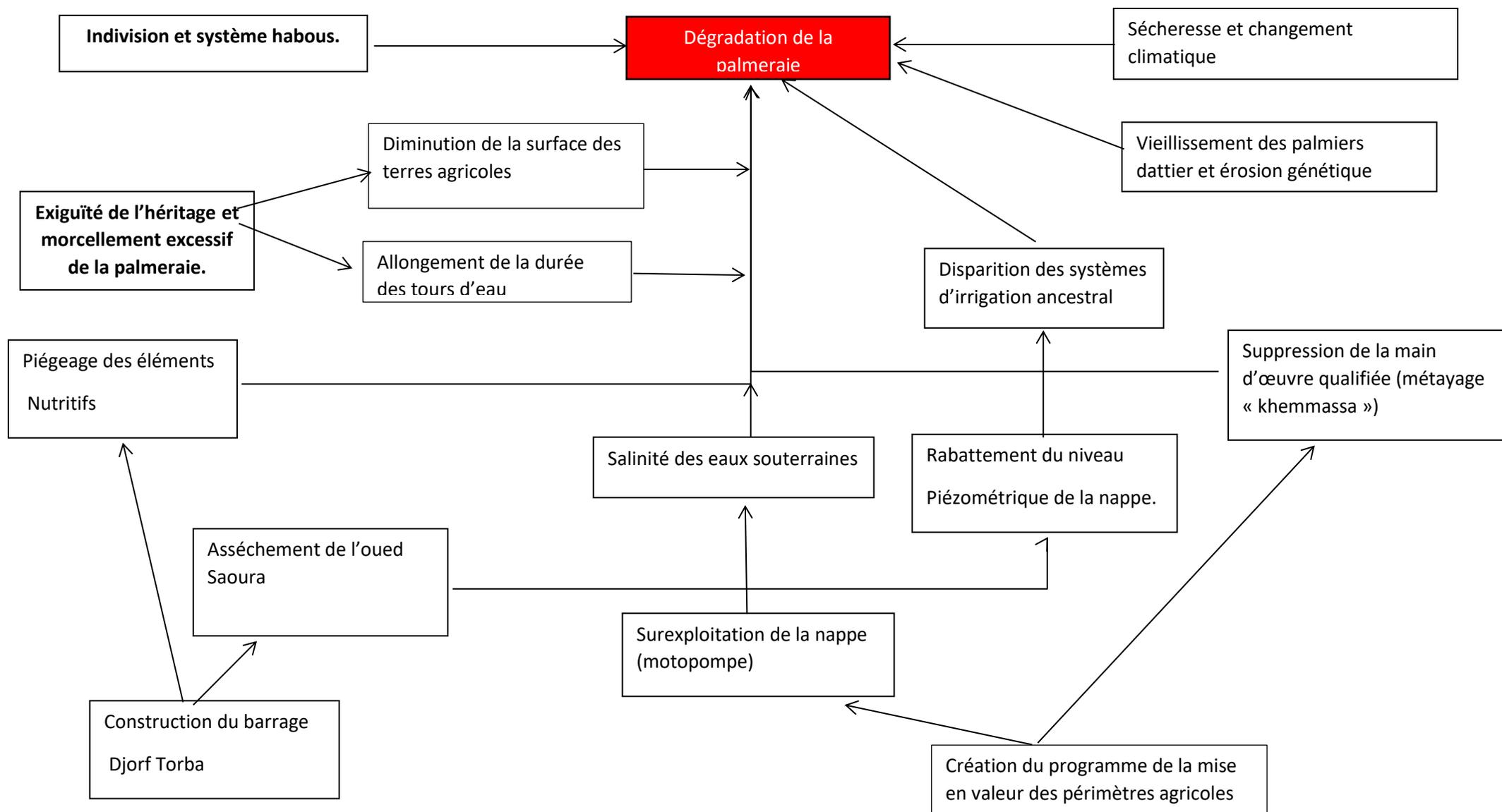


FIGURE III.13: processus de dégradation du milieu oasien dans la Saoura (source auteur)

8 Conclusion

L'agriculture oasienne dans la Saoura a constituée non seulement la principale ressource des populations locales mais aussi une économie autonome qui leur a permis de survivre dans un territoire vaste et austère. Depuis des millénaires, la gestion de l'eau dans les oasis de la Saoura a réussi à maintenir un équilibre entre des ressources hydriques rares et des besoins alimentaires croissants. L'intrusion du monde moderne dans l'oasis par le biais des moyens technologiques, par la motorisation « motopompe » a provoqué des bouleversements importants.

Le mode de vie urbain s'est installé dans l'oasis en pervertissant la typologie oasienne. Le travail agricole s'est réduit au profit du secteur secondaire et tertiaire. La quasi-totalité des oasis algériennes a été transformée en villes ou a été abandonnée. L'agriculture de subsistance dans les oasis s'est substituée d'une agriculture de marché. Les conséquences se manifestent par l'assèchement des nappes et par la salinisation des terres agricoles. Les graves déséquilibres causés aux écosystèmes oasiens réputés fragiles suite à la construction du barrage Djorf Torba menacent leur disparition imminente. Le programme de la mise en valeur des périmètres agricoles aménagés par l'état a accéléré le rabattement de la nappe par les forages équipés des motopompes.

Chapitre IV :
Étude comparative
avant et après
construction du
barrage Djorf
Torba.

1. Introduction

Vu l'immensité de la vallée de la Saoura (13.000km²), toutes les études antérieures réalisées par différents chercheurs (H. Schoeller (1945), A. Cornet (1952), M.A. Roche (1973) et Dubief) ont concerné une partie de cette région. Et dans ce cadre nous avons focalisé notre attention sur les deux palmeraies de Béni Abbès et Kerzaz qui représentent respectivement la haute et la basse Saoura.

Dans un premier temps de cette étude comparative nous allons synthétiser les résultats et connaissances acquises sur la base des données et travaux précédents qui précèdent la réalisation du Barrage Djorf Torba. Par la suite nous allons comparer et confronter ces données à nos résultats que nous avons nous-même récoltés pendant les deux campagnes de mesures sur le terrain (février et avril 2018). Les résultats que nous avons obtenus représentent la période « après construction du barrage Djorf Torba ».

Notre étude comparative concerne la nappe du grand erg occidental qui alimentent les terrasses de la rive gauche de la vallée, où sont implantées les palmeraies. L'étude de la nappe du Grand Erg Occidental sur le plan quantitatif (débit) et qualitatif s'avère souvent indissociable de celles des terrasses et de l'infiltration de l'Oued Saoura.

Une campagne d'échantillonnage et de mesures ont été réalisées au niveau de Béni Abbès et Kerzaz entre avril 2018. Des points représentatifs ont été prélevés au niveau de chaque palmeraie qui s'aligne en rive gauche de la Saoura. A chaque campagne, la profondeur de la surface de la nappe, ainsi que les débits des sources et foggaras ont été mesurés, quand les conditions le permettaient.

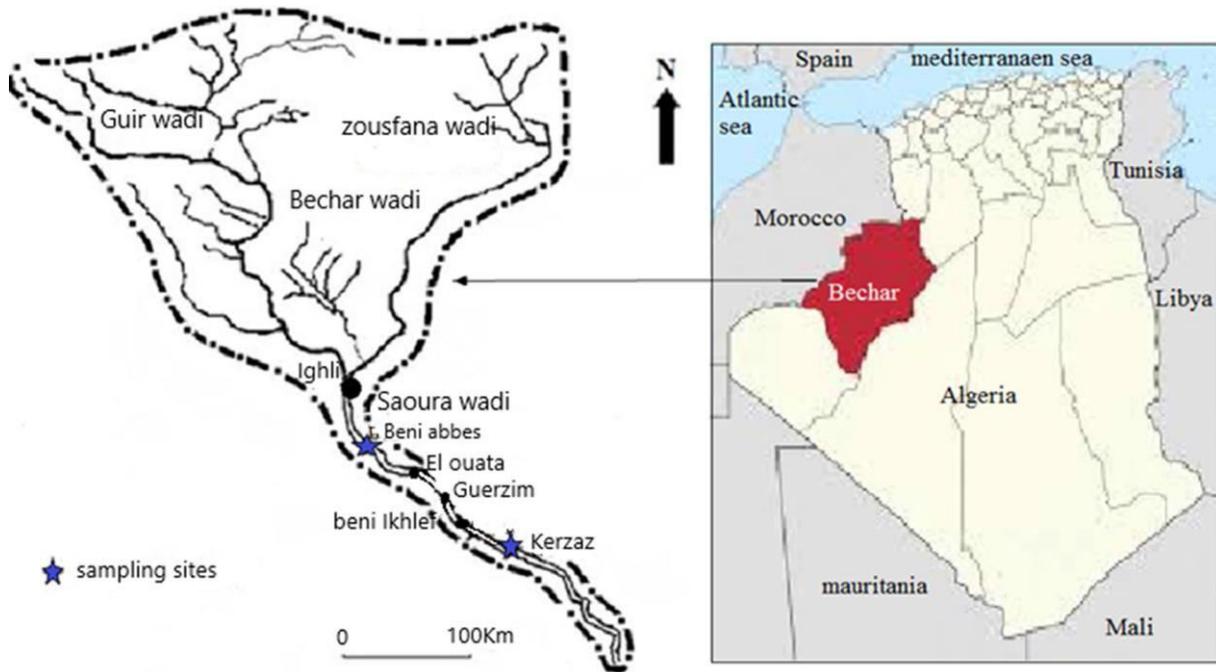


Figure IV.1: carte de localisation et des points d'eau échantillonnés.

2. Barrage Djorf Torba

Le barrage de Djorf-Torba achevé en 1969 et rentré en service depuis au 1973, il est le seul ouvrage hydraulique du Sud-Ouest Algérien. Il est construit sur un bassin versant 22000 Km² à cheval entre Algérie et le Maroc. Ce barrage est de type poids, il se caractérise d'une longueur de 762m et d'une hauteur maximal 37 m. Sa capacité de stockage est de 260 millions de m³.

Depuis sa mise en eau, sa vocation principale était d'assurer l'irrigation du périmètre d'Abadla. En 1985, il est détourné, principalement, vers l'alimentation en eau potable des villes de Béchar et Kenadsa (respectivement environ 192000 habitants et 13652 habitants en 2007) et secondairement l'irrigation pour les périmètres agricoles d'Abadla (environ 6000 Ha). Ce barrage par sa hauteur modeste de 37 mètres, il crée l'une des plus grandes retenues d'Algérie. Il reçoit les crues violentes et rares du Guir dont l'apport très variable, selon les années, avoisine 180 millions de m³ d'eau par an en moyenne. Il est caractérisé par une longueur de L=762 m, de type poids en béton de profil courant classique, équipé d'un déversoir libre sur une centaine de mètres de longueur, situé dans un environnement karstique, il est complété par un voile d'étanchéité (19600 m²)

Le barrage a entraîné une réduction significative du débit de l'Oued Guir et de l'Oued Saoura dans les localités situées en aval du barrage. Sa gestion est assurée par l'ANBT

comme tous les barrages, il connaît les problèmes d'envasement, de vieillissement, l'influence de climat et l'entretien.



Figure IV.2 : barrage Djorf Torba.

3. Situation géographique du bassin versant de l'Oued Guir

Le bassin versant de Guir est à cheval entre le Maroc et l'Algérie et limites :

- Au Nord : la plain de Tamlalet et le Haut atlas.
- A Est : bassin versant de l'Oued Béchar.
- A L'Ouest : Hammada de Guir.
- Au Sud : Chebket Mennouna.

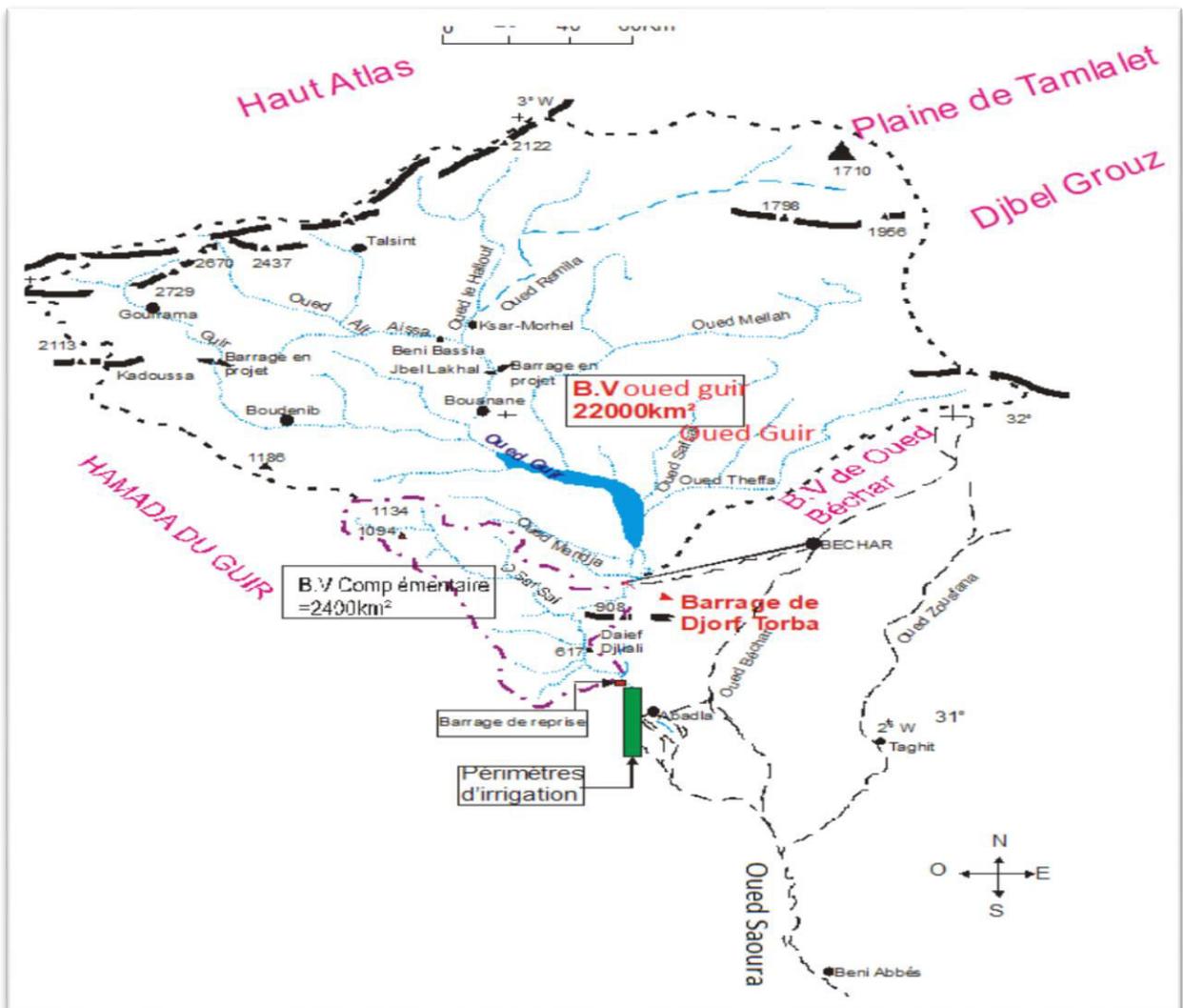


Figure IV.3 bassin versant d'Oued Guir.

4. Caractéristiques du bassin versant de l'oued Guir

4.1 Paramètres géométriques

Les paramètres géométriques du bassin versant de Guir sont présentés dans le tableau suivant

Tableau IV.1 : paramètres géométrique du bassin versant de Guir

| Paramètres géométrique | |
|---|------------------------|
| surface | 22000km ² |
| périmètre | 700km |
| Forme (Indice de compacité de Gravillus) | 1.32 |
| Rectangle équivalent | L= 267.32km l=82.29km |
| Longueur du cours d'eau principal | 207km |
| Coefficient d'allongement | 1.95 |
| Densité de drainage | 0.88km/km ² |

4.2 Relief

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. Il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation, C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : caractéristiques du relief du bassin versant de Guir

| relief | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Altitude minimale | 6823 |
| Altitude maximale | 2700m |
| Altitude moyenne | 1471,5 |
| Altitude médiane | 1469m |
| Temps de concentration | 40,20 heures |
| Vitesse de concentration | 5,14km/h |
| Indice de pente globale | 6,80 m/km (relief très fort) |

4.2.1 Courbe hypsométrique

Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief.

On porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. Elle exprime ainsi la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

Tableau IV.3 : Altitude et surface relatives du bassin versant de Guir [3]

| Altitude H_i | Surface partielles A_i (km ²) | Surface partielles cumulée (km ²) | Surface Partielles a_i (%) | Surface Partielles cumulée a_i (%) |
|-------------------------------------|---|--|------------------------------------|---|
| Au dessus de 1500 (2700-1500) | 2640 | 2640 | 12 | 12 |
| 1000-1500 | 12100 | 14740 | 55 | 67 |
| En dessous de 1000 (682-1000) | 7250 | 22000 | 33 | 100 |

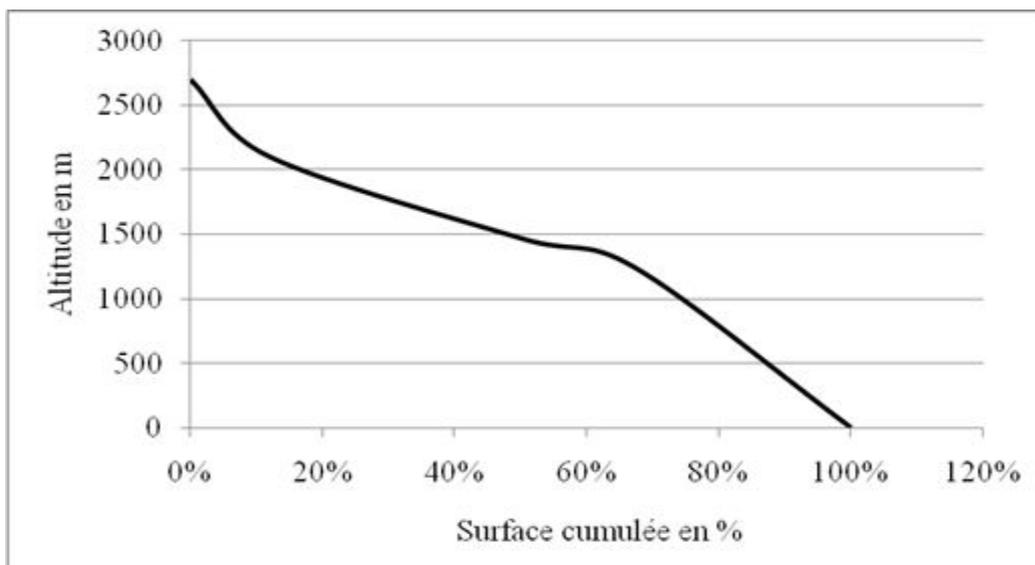


Figure IV.4 courbe hypsométrique du bassin versant Guir.

La superficie de la retenue est de 4600ha à la cote 697m, et 10500ha à la cote 706m.

5. Eaux de la Saoura avant et après construction du barrage Djorf Torba

Avant la construction du barrage de Djorf Torba, Oued Saoura recevait les apports de l'Oued Guir (200 millions de m³/an) et ceux d'Oued Zousfana (6 millions de m³/an), après la construction du barrage, les eaux d'Oued Saoura deviennent plus salées, par ce qu'elles ne reçoivent que les faibles apports de l'Oued Zousfana tableau.

Tableau IV.4 : apport liquide de la Saoura avant et après construction du barrage Djorf Torba.

| Oued | Avant construction du Barrage | | | Après construction du barrage | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|------|--------|-------------------------------|------|--------|
| | Zousfana | Guir | Saoura | Zousfana | Guir | Saoura |
| Apport liquide (Hm ³ /an) | 6 | 200 | 206 | 6 | / | 6 |

Pour apprécier l'impact de la réduction de l'apport liquide sur les palmeraies en aval de la Saoura, on va faire une comparaison sur différentes plan et cela avant et après la construction du barrage pour juger la vraie cause principale derrière la dégradation du système oasien de la Saoura. Cette comparaison concerne les paramètres suivants :

6. Paramètres hydrodynamiques

6.1 Profondeur (piézométrie)

En se basant sur les données recueillies concernant les travaux réalisés par M. A. Roche en 1973 ; La zone de la nappe drainée par la Saoura, la profondeur de la surface piézométrique des eaux typique de l'Erg varie globalement entre 10 et 20m. De façon générale, la profondeur de la surface piézométrique décroît du Nord au Sud et de l'Est vers la vallée de la Saoura (Ouest). En bordure de la Saoura, elle peut se situer localement à 2 ou 3 m (Roche 1973).

Après la construction du barrage djorf Torba en 1969 et sa mise en service en 1973 ; et en se basant sur l'étude et les campagnes de mesures faite par Naima Mebrouk en 2003/2004 tout au long de la Saoura, on peut affirmer que la profondeur de l'eau de la Saoura de la nappe des terrasses quaternaires varie entre 0.7 à 24.5m. (Mebrouk N, 2007). Les eaux typiques de l'erg occidental varient entre 1 à 20m.

Ce sont généralement les puits localisés au niveau des palmeraies, donc les plus proche de l’oued qui présentent les variations les plus importantes de la profondeur à cause des débits extraits pour l’alimentation en eau potable et l’irrigation des palmeraies.

La figure suivant représente la variation de la profondeur à partir d’Igli tout au long de la Saoura

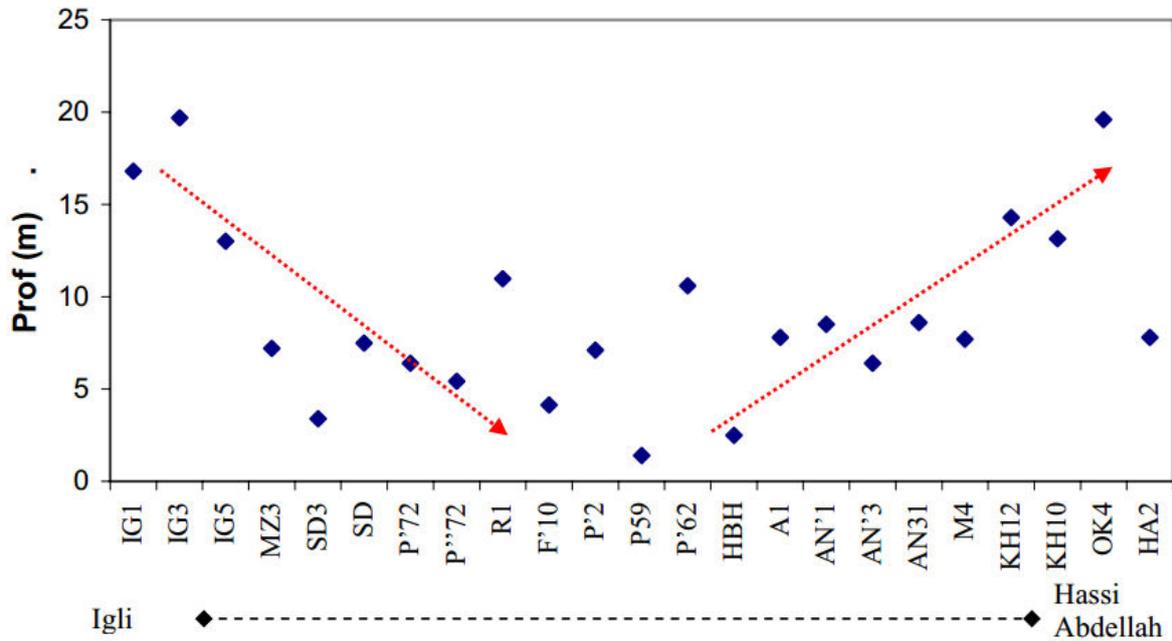


Figure IV.5 Variation de la profondeur des eaux typiques de l’Erg le long de la Saoura.

On remarque que la profondeur diminue de l’amont vers la moyenne Saoura et augmente à nouveau vers l’aval à la basse Saoura

A l’issu de l’analyse de ces données on peut conclure que la profondeur de l’eau dans la vallée de la Saoura n’a pas sensiblement changé après la construction du barrage Djorf Torba du fait de l’alimentation continue par la nappe de l’Erg occidental.

6.2 Débit

Le tableau () représentes les débits des différentes foggaras et sources qui se situent toutes en rive gauche de la Saoura dans les années 1964 et 2004 respectivement. Les débits des différents points d’eau n’ont pas connu une grande variation. Cette stabilité confirme l’alimentation latéral par les eaux de la nappe du grand erg occidental.

Tableau IV.5 débits de quelques points d’eau dans les oasis de la Saoura.

| Point d’eau | Deébit (l/s) | |
|--------------------------|--------------|------|
| | 1963 | 2004 |
| ain el hammam | 0.65 | 1 |
| Grande source béni abbes | 28.5 | 28 |

| | | |
|-------------------------|------|-------|
| Foggara cnrs béni abbés | 0.04 | |
| Ain er rmel | 0.54 | 0.43 |
| | | |

Toute fois ces résultats issus des mesures effectués à des saisons différentes de l’année ; c’est pour ça qu’on ne peut pas interpréter l’augmentation du débit de Ain el Hemmam. (**Mebrouk N, 2007**)

6.3 Nombre et durée annuel des crues

Selon Jean DUBIEF, cité dans le rapport de mission de la prospection des palmeraies par M. R. ABRAC, M. DE LA PERRIERE et M. BEN KHALIFA, le nombre moyen annuel de crues sur l’automne et le printemps à Béni-Abbès est 2,4 et la durée moyenne des crues est de 13 jours ; elle était d’autant plus courte que le mois est plus chaud (82 jours d’écoulement par ans). Aujourd’hui ce chiffre est (selon les témoignages de la population) bien moindre actuellement puisque, dans le passé récent, il y a pu y avoir jusqu’à 3 années sans crue de la Saoura. (**J. Dubief, 1953**).

Tableau IV.6: nombre et durée moyennes des crues de l’Oued Saoura avant et après la construction du barrage Djorf Torba.

| Crues annuelle | Avant la construction du barrage | Après la construction du barrage |
|------------------------------------|--|----------------------------------|
| Nombre moyenne des mois de crue/an | 2.4 crue/an à Abadla 1.4 crue/an à Béni Abbés | |
| Durée moyenne de La crue | 13 jours | |
| Durée moyenne D’écoulement | 82 jours/an | |
| Apport liquide | 206 hm ³ /an | 6m ³ /an |

Seul les crues de Mars et d’Octobre atteignent le lit d’Oued Messaoud (la Saoura).

L’analyse du tableau (...) montre que la durée moyenne d’écoulement de l’Oued Saoura a nettement diminué. Cette situation accompagnée avec la rareté des précipitations ces dernières années a accéléré la dégradation des palmeraies par ce que les faibles précipitations sahariennes ne pourraient ni humecter suffisamment les sols profondément

desséchés du Sahara ni dissoudre les fortes concentrations en sel quel contiennent suite à une forte évaporation prolongée.

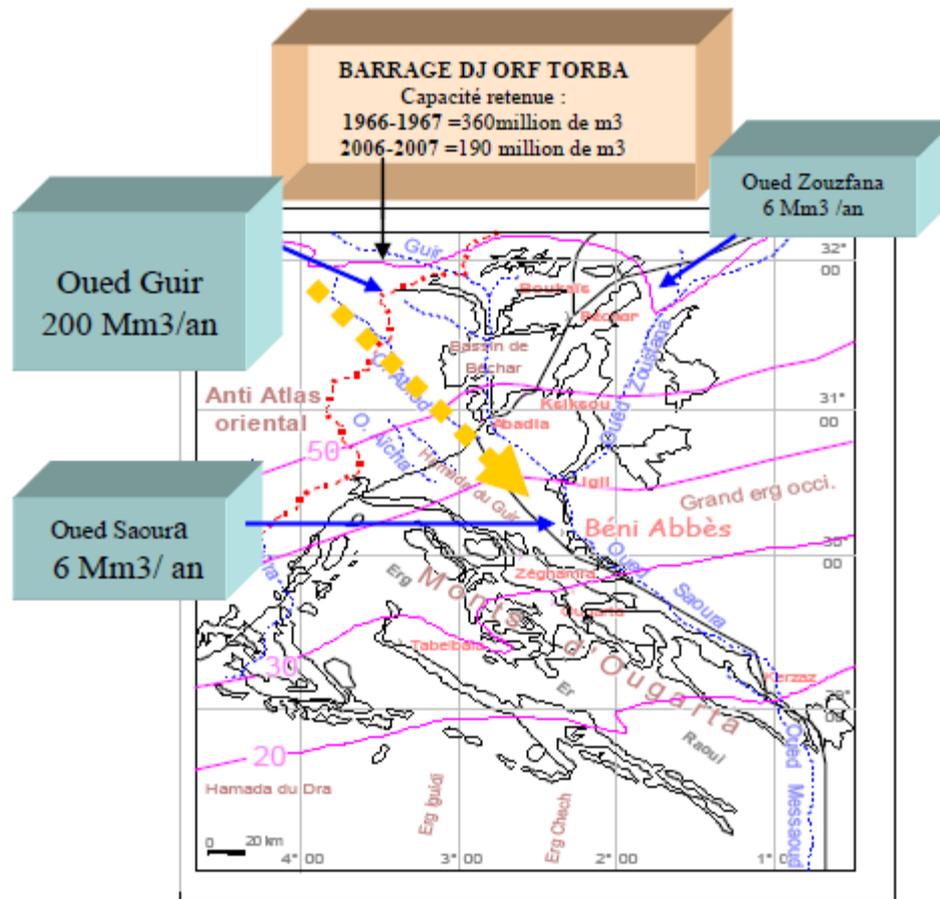


Figure IV.6 : Apport liquide de l’Oued Saoura après la construction du barrage Djorf Torba.

7. Paramètres hydro chimiques

Une série de deux campagnes d’échantillonnage a été réalisée au cours décembre 2017 et avril 2018 à Beni Abbes et Kerzaz pour prélever 24 échantillons (21 puits ouverts, 2 forages et 1 source naturelle) à l’aide d’un échantillonneur de 1 L. Les sites d’échantillonnage ont été soigneusement sélectionnés pour assurer une bonne répartition spatiale dans les oasis. Les échantillons d’eau recueillis dans des bouteilles en polyéthylène d’une capacité de 1 L sont conservés à l’obscurité et au frais à l’aide d’un réfrigérateur. Toutes les analyses physico-chimiques ont été réalisées selon les méthodes standards (APHA 1998; Rodier et al. 2009).

Nous concentrerons notre attention sur le paramètre des résidus secs pour déterminer le degré de salinité en comparaison avec les études antérieures tel que l'étude faite par Mr Roch et Mebrouk Naima en 1973 et 2004 respectivement.

7.1 Résidu sec (minéralisation)

Avant la construction du barrage djorf Torba , Dans l'oued Saoura proprement dite les eaux les moins chargées sont à kerzaz et agdel (1000 à 1870mg/l) ; les eaux les plus chargées proviennent d'igli avec 9070mg/l. A l'échelle de la Saoura, il apparaît donc aussi que les eaux peuvent être moins chargées en aval qu'en amont. C'est là un phénomène normal puisque les eaux de l'Erg viennent alimenter l'inféro-flux tout le long de sa rive gauche. Dans les palmeraies, nous avons vu que les eaux atteignent la berge avec des concentrations comprises généralement entre 2000 et 3 000 mg/l.

A partir du Foum el Kheneg, l'inféro-flux n'est plus alimenté par la nappe de l'Erg et la concentration commence à croître vers l'aval dans l'Oued es Souireg pour atteindre des valeurs très élevées dans la Sebkhet el Melah (338.103 mg/l), où les sels, apportés par les crues, demeurent après l'évaporation des eaux. L'arrêt de l'apport latéral de la nappe de la nappe de l'Erg à partir de foum el kheneg est responsable des valeurs plus élevées dans cette cluse et dans l'Oued es Souireg, l'évaporation s'effectuant alors sur un volume d'eau non réalimenté.

Par comparaison des résultats des analyses chimiques (résidu sec) de la période précédente et après la construction du barrage Djorf Torba on peut quantifier le l'évolution du degré de salinité de ces eaux.

Les travaux réalisés par M. Roche représentent l'étape qui a précédé la construction du barrage, tandis que les travaux que nous avons réalisés en 2020, ainsi que les travaux de Mme Mabrouk 2004, représentent l'étape qui a suivi la construction de celle-ci.

La figure (IV.6) montre une augmentation systématique, les histogrammes de la figure ci-dessous nous permettent de constater qu'en plus de 40 ans, les eaux de la nappe de l'Erg ont une composition relativement stable. Les variations observées pourraient être dues aux variations saisonnières ou aux erreurs dues aux méthodes d'analyses, pas très précises, utilisées dans les années 60. L'écart est toutefois remarquable pour la foggara "Fst" du Centre

de Recherche sur les Zones Arides de Béni-Abbès (CRZA, ex. CNRS). Ceci pourrait tout simplement être dû à l'état d'entretien de la foggara.

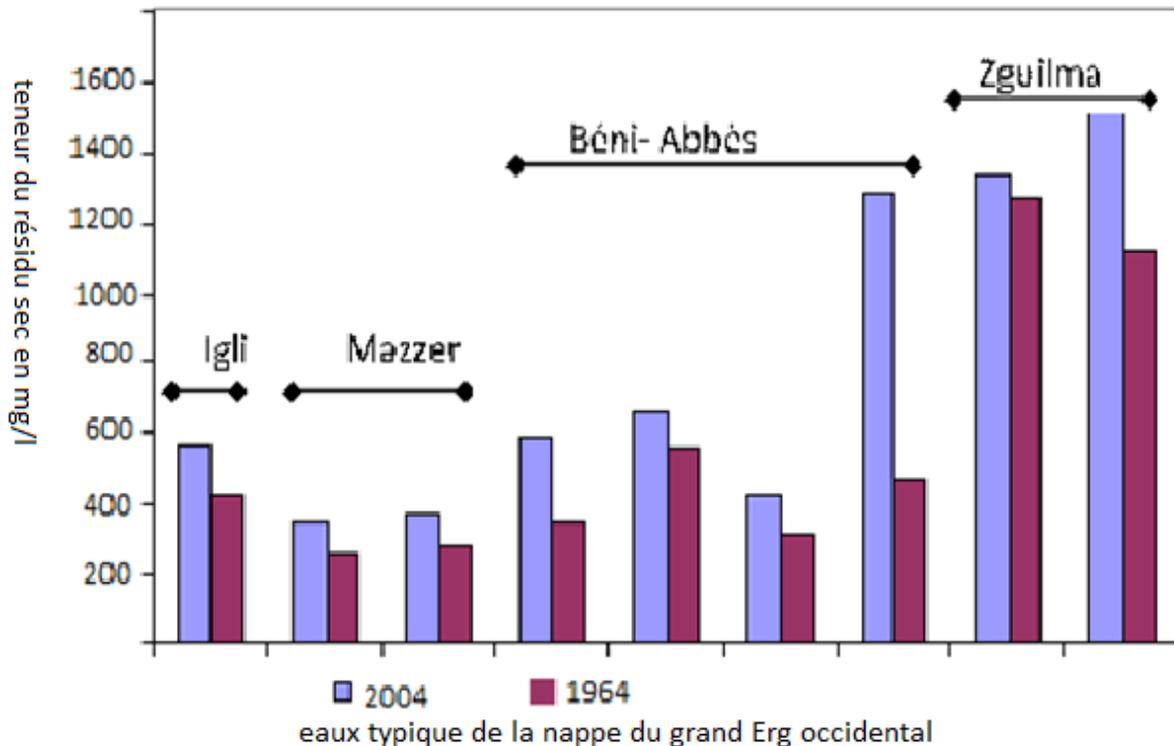


Figure IV.6 évolution du résidu sec dans les oasis de la Saoura (Mebrouk N, 2007).

Ces dernières années, la salinité des eaux de la vallée de la Saoura (les eaux typiques des terrasses et des infero-flux) a augmenté d'une façon alarmante notamment au niveau des palmeraies à proximité de l'oued là où plusieurs puits sont abandonnés à cause de la très forte salinité de leurs eaux. Ceci est globalement dû à la surexploitation de la nappe d'une part, l'évaporation intense en l'absence de pluie d'autre part, faisant ainsi appel aux eaux de l'infero-flux de l'oued de plus en plus chargées. Ce phénomène se serait accentué suite à la construction du barrage de Djorf Torba en amont de la vallée, retenant de ce fait les eaux douces qui s'écoulaient à travers l'oued et contribuaient à la dilution des eaux de la nappe des terrasses quaternaires. Donc l'absence de l'écoulement dans l'oued Saoura qui est la cause principale de cette salinité alarmante des eaux de l'infero-flux où sont implantés les puits et les foggaras des palmeraies.

L'examen du tableau suivant montre bien l'évolution alarmante de la salinité des eaux de l'infero-flux au fil des années ; tandis que les eaux typiques de l'Erg occidental restent relativement stables en matière de la salinité depuis plus de 60 ans.

Tableau IV.7 : analyses hydro chimiques des eaux souterraines de la Saoura (Oasis de Béni Abbès).

| nappe | campagne | pH | R. S. mg/l | Ca ⁺⁺ mg/l | Mg ⁺⁺ mg/l | Na ⁺ mg/l | K ⁺ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SO ₄ ⁻ mg/l | HCO ₃ ⁻ mg/l |
|--|----------|-----|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| nappe du grand erg occidental | 1966 | 7.6 | 530 | 75 | 30 | 50 | 15 | 90 | 600 | 285 |
| | 2013 | 7.7 | 556 | 96 | 27 | 40 | 10 | 80 | 850 | 310 |
| nappe des terrasses 1 | 1963 | 7.5 | 625 | 110 | 40 | 90 | 12 | 85 | 900 | 400 |
| | 2013 | 7.4 | 862 | 98 | 39 | 78 | 09 | 220 | 123 | 76 |
| nappe des terrasses 2 | 1963 | 7.5 | 430 | 100 | 40 | 100 | 30 | 300 | 350 | 350 |
| | 2013 | 7.7 | 3250 | 180 | 78 | 205 | 45 | 320 | 359 | - |
| nappe des terrasses 3 | 1963 | 7.3 | 2000 | 120 | 45 | 280 | 50 | 210 | 290 | 300 |
| | 2013 | 7.2 | 15000 | 400 | 1076 | 2500 | 230 | 8000 | 1630 | 400 |
| Inféro-flux | 1963 | 7.5 | 5802 | 148 | 52 | 95 | 15 | 180 | 220 | 400 |
| | 2013 | 7.1 | 20587 | 1100 | 1076 | 3380 | 230 | 8400 | 2230 | 1000 |

Pour mieux apprécier le phénomène de salinisation des eaux souterraines, on se propose une présentation graphique du résidu sec représentatifs des nappes allant de l'inféro-flux jusqu'à la nappe du grand Erg occidental passant par les trois terrasses (terrasse1,2 et 3). Ces résultats sont issus des deux campagnes séparées dans le temps par plus d'un demi siècle (1963 et 2013).

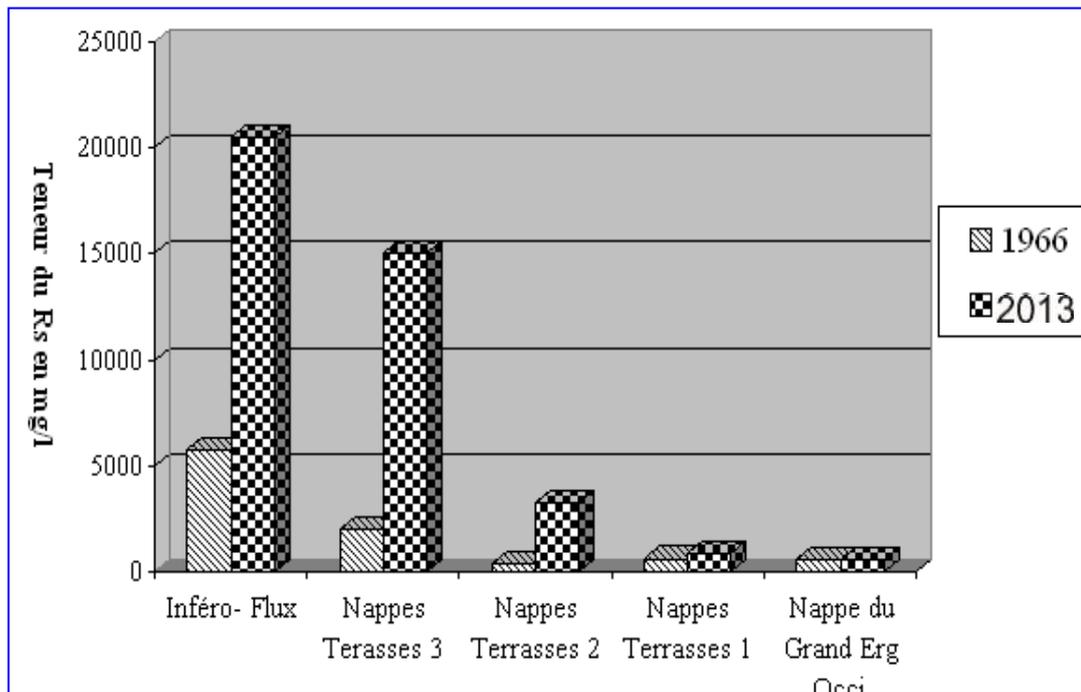


Figure IV.7: histogramme des teneurs en résidu sec 1966 et 2013 (Roche 1973, Merzougui T et al. 2008, Benmoussa Y, 2020)

Ceci se traduit spatialement par une zonation remarquable dans le compartiment oriental de la Saoura (fig. IV.8). Dans le passé, le sous-sol était engorgé d'eau douce (RS<600mg/l). En revanche, aujourd'hui, l'inféro-flux est hyper salé (RS>1500mg/l), une zone intermédiaire salée (1500mg/l>RS>600mg/l) et un liseré d'eau douce à RS<600mg/l. Ce phénomène est dû à la vulnérabilité du système et à la diffusion des sels par osmose.

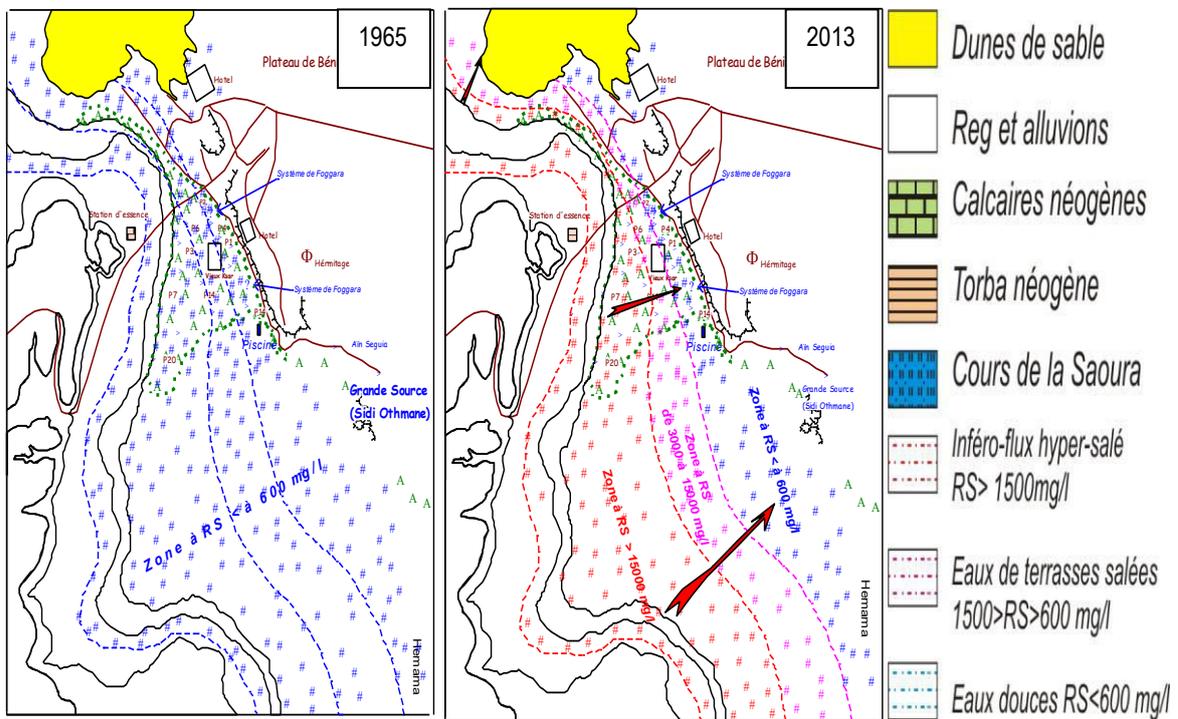


Figure IV.8: Esquisse de la zonation des sels dans le compartiment oriental de la vallée de la Saoura (Merzougui T et al. 2008).

7.2 Taux d'absorption du Sodium (SAR)

Les eaux de la vallée de la Saoura sont généralement destinées à l'irrigation des palmeraies, une étude attentive de l'évolution du SAR est indispensable.

Les résultats que nous avons trouvés après notre campagne effectuée en 2018 est présentés dans le tableau suivant :

Tableau : taux d'absorption du Sodium à Kerzaz et Béni Abbès (2018)(**Benmoussa Y, 2020**).

| paramètre | Kerzaz | Béni Abbès |
|-----------|---|---|
| SAR | 100% des échantillons sont excellent pour l'irrigation (inférieur à 10) | 75% des échantillons sont excellent et 25% de bonne qualité à l'irrigation. |

Généralement les eaux de la Saoura présentent un faible danger d'alcanisation des sol (SAR<10) malgré la forte salinité quel présentent.

L'aptitude des eaux de la Saoura pour l'irrigation peut être déterminée en utilisant le diagramme de salinité des États-Unis (US salinity) (Richards 1954 ; USSL 1954 ; Al-Ahmadi 2013 ; Shahin Hossin et al. 2016 ; Bahir et al. 2019). Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans la figure

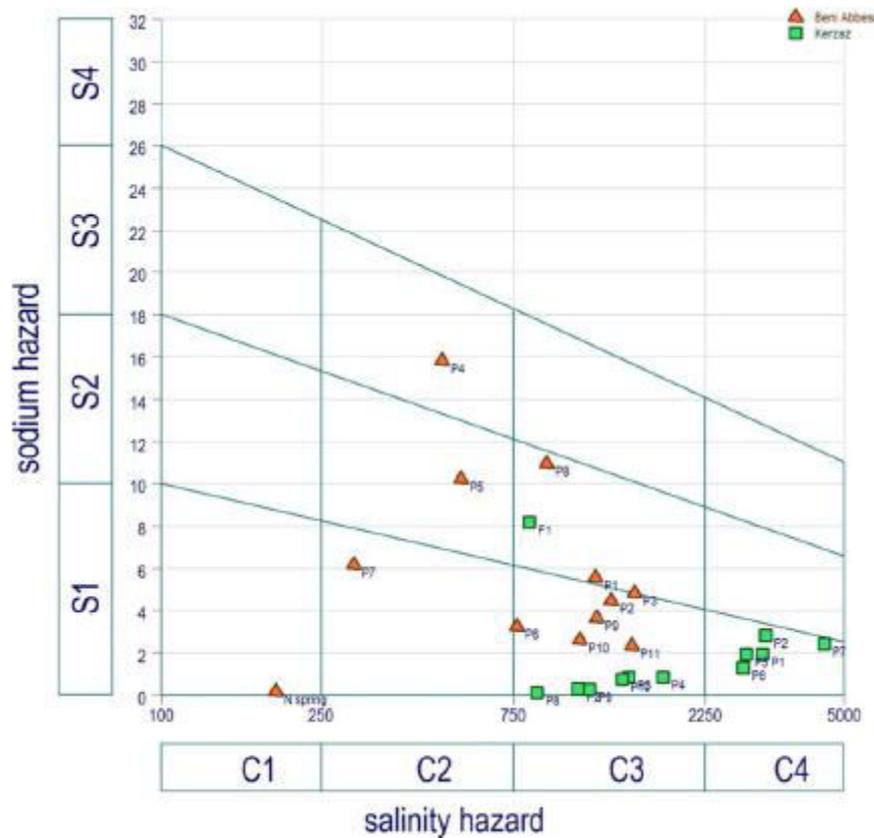


Figure IV.9 : diagramme de salinité et conductivité (US salinity diagram) des eaux de la Saoura (Béni Abbès et Kerzaz 2018) (**Benmoussa Y, 2020**)

La majorité des valeurs estimées d'EC et SAR dans les échantillons d'eau souterraine de l'oasis de Kerzaz correspond au champ de C4S1 et C3S1 tandis que les eaux de Béni Abbès correspondent au champ C3S1 indiquant une salinité très élevée et une faible alcalinité qui ne peut pas être utilisée dans des conditions ordinaires ; le drainage doit être appliqué périodiquement de manière adéquate et le sol doit avoir perméabilité rapide. Cette solution était garantie naturellement au moment des crues de l'Oued Saoura d'une façon régulière avant la construction du barrage Djorf Torba. Ce résultat confirme le rôle de dissolution des sels qu'il jouait le ruissellement de l'Oued Saoura avant qu'il soit desséché après la construction du barrage en 1967.

Seule les eaux typiques de l'Erg Occidental représentées par la source naturelle présente une faible salinité et alcalinité à la fois C1S1 permettant l'utilisation de l'eau pour l'irrigation avec la plupart des cultures sur la plupart des sols.

8. Conclusion

Afin de juger l'impact de la réalisation du Barrage Djorf Torba sur les palmeraies en aval de la Saoura, une étude comparative a été conduite sur 03 principaux plans :

- Plan hydrodynamique : a concerné la variation de la surface piézométrique et les débits de quelques points d'eau au cours du temps. Les résultats trouvés montrent une stabilité relative de ces deux paramètres sur une période de plus de 40 ans. Cela confirme l'alimentation latéral de la nappe des terrasses quaternaires et de l'inféro-flux par la nappe du grand Erg occidental.
- Plan hydro chimique : a concerné l'évolution temporel de la minéralisation des points d'eau représentatif de la Saoura. Les résultats trouvés révèlent une augmentation remarquable de la salinité au niveau des palmeraies à proximité de l'Oued Saoura. Ceci est dû à la fois de la surexploitation de la nappe du quaternaire par l'envahissement anarchique des forages équipés avec des motopompes ce qui a causé l'extension du cône de rabattement induisant l'appel des eaux de l'inféro-flux salées. Les eaux de l'inféro-flux sont eux même devenus très salé par l'assèchement de l'Oued Saoura et la forte évaporation. La remontée des sels par capillarité a été accéléré par le manque du lessivage ; ce rôle de dissolution des sels était assuré par les eaux stockées dans le barrage Djorf Torba avant sa construction en 1967.

Chapitre V :
Perspectives et
recommandations

1. Introduction

La fragilité de l'équilibre des systèmes de production oasien est le résultat de plusieurs contraintes qu'il subissent tel que la pression démographique qui induit un morcellement progressif des parcelles familiales et qui rend leur mise en valeur très difficile et parfois impossible, les systèmes fonciers rigides, la concurrence pour les ressources en eau non seulement dans le domaine agricole entre les moyens d'exhaure traditionnels et modernes mécanisées mais aussi par d'autre secteur consommateur d'eau tel que le tourisme et le développement des maladies cryptogamiques (Bayoud).

Toutes ces contraintes anciennes ou nouvelles fragilisent les équilibres issus des travaux des Oasiens- depuis de nombreuses générations. Maintenir ces équilibres, sauvegarder les oasis, les réhabiliter ou en créer de nouvelles, impliquent de s'attacher à résoudre une série de problèmes majeurs concernant différents secteurs :

2. Démarches pratiques à entreprendre :

- Réaliser un périmètre de protection entre le grand Erg Occidental et les oasis pour assurer le rôle du drain que doit garantir l'écoulement naturel des eaux du grand erg vers les palmerais.
- Si la capacité du barrage djorf torba le permet, des lâchées d'eau synchronisées avec la crue de l'oued zousfana sont hautement recommandées.
- Recyclage des eaux usées traitées et réalisation dans l'irrigation des oasis et cela par la réalisation des station d'épuration au niveau des agglomérations des palmerais.
- Combiner héritage et modernisation en gestion de l'eau. Le développement de La réalisation des foggaras avec des matériaux innovant tel que le béton poreux de façon à éviter les inconvénients de ces techniques ancestrales qui ont été souvent délaissés à cause des difficultés d'entretien, des effondrements et du manque de main-d'œuvre spécialisée.
- Encourager l'attachement des oasiens à leurs terres est un élément favorable pour arrêter la désaffection paysanne générale en faveur a d'autre postes d'emploi plus rémunérateurs et Protéger le grimpeur de palmiers en développant un matériel adéquat qui assure la protection contre les chutes mortelles en et le faire un métier reconnu par l'Inscription au registre de l'artisanat traditionnel.
- Préservation des espèces de dattes et le maintien de l'équilibre biologique de l'oasis : La protection phytosanitaire des palmiers et des sous cultures oblige à tenir compte aussi de l'équilibre entre ravageurs des cultures et leurs propres prédateurs. La réussite

de la lutte biologique contre les cochenilles blanches du palmier dattier par une coccinelle (maroc), montre l'intérêt d'une telle approche face à une lutte chimique sans succès.

- Constituer un réseau de pépinières régionales de façon à certifier l'origine de rejets (Djebbar) lors de la régénération des palmeraies ou de la création de nouveaux périmètres.
- Les foggaras considérées comme le pilier de l'oasis, elles assurent la mobilisation durable et écologique (économie d'énergie) des eaux et sans aucun risque de surexploitation (autorégulant en fonction des recharges naturels de la nappe). La préservation et la sauvegarde des palmeraies est étroitement lié au bon entretien et maintenances des foggaras.
- Parallèlement il est indispensable que les débits et cotes piézométriques soient surveillés très attentivement pour suivre l'évolution des réserves ; cela n'est possible que par la création d'un réseau de piézométrie et de surveillance.
- Dans les palmeraies ; il faut exploiter un débit légèrement inférieur à celle alimenté par la nappe du grand erg occidental afin qu'une partie des eaux souterraines s'écoule toujours jusqu'à l'Oued Saoura et y amène les sels assez vite avec elle. Ces concentrations en sel serait diminuées ensuite par balayage des crues suite à des lâcher synchronisé avec la crue de l'Oued Zousfana.
- Fertilisation et amélioration des sols des palmeraies :
 Sous l'effet combiné de la température et des lessivage répétés dus à l'irrigation, la matière organique se dégrade très rapidement. Maintenir des niveaux de productivité élevés implique donc un apport de matière organique permanent ; donc la présence d'un élevage dans (ou proche de) l'oasis. La maîtrise de l'association agriculture-élevage est essentielle pour la survie de l'oasis. Pour accéder à un niveau de vie convenable en raison des faibles superficies cultivables par familles, le phéniculteur est tenu de pratiquer une agriculture intensive dans des terres de haute qualité. L'utilisation des amendements doit se faire sur trois niveaux : Amendement physique par les sables pour les sols lourds, par le fumier pour tous les types de sols et par le calcaire pour les sols sodiques.
- Assurer un bon drainage pour maintenir la nappe phréatique le plus profondément possible.

- Pratiquer des assolements et rotation de cultures qui ont des profondeurs racinaires et des besoins en eau variés. Et cela pour éviter la concurrence entre les plantes par exemple (palmier dattier et luzerne) ; cette technique assure un bon rendement en matière qualité et quantité.
- Lutttes contre l'ensablement :
Malgré que pendant toute la journée le temps généralement est calme dans le Sahara ; mais étant donnée l'absence et la faiblesse du couvert végétal entourant l'oasis, les vents arrivent avec violence sur les oasis et provoquent d'important érosion éolien qui au fil des années provoquent la diminution des terres agricoles.
L'agriculture doit se défendre contre le vent chargé ou non de sable qui non seulement accroît l'évaporation et déchire les feuilles des plantes mais envahis les palmeraies avec les dunes.
- Pour diminuer la salinité des sols il est indispensable d'augmenter le rythme et les volumes d'irrigation sans altérer la qualité du sol en matière organique et cela nécessite un bon système de drainage.
- Etude de ruissellement : Les eaux de ruissellement dans le Sahara sont d'autant plus pures qu'elles séjournent mois longtemps à la surface du sol, donc que l'écoulement soit rapide (Saoura) on ne doit pas donc chercher à diminuer la vitesse d'écoulement. L'étude de ruissellement doit être à la base de tout projet d'aménagement au Sahara. Les crues des Oueds sahariens alimente les nappes profondes par le ruissellement ; il est à noter que plusieurs oasis verraient tarir leur puits sans ces écoulements. Il est prudent d'étudier les répercussions que peut avoir la construction d'un barrage sur l'alimentation des nappes souterraines avant de le mettre en exécution.
- Sensibilisation et encadrement des agriculteurs pour les techniques d'économies d'eau
- Réutilisation des eaux usées épurées pour des fins d'irrigation.

3. Conclusion

Les oasis de la Saoura ont survécu depuis des siècles dans un territoire à la limite de la vie par un savoir-faire ingénieux de captage et de partage des eaux souterraines. Dans un contexte de rareté de l'eau vient s'ajouter l'action de l'homme pour accélérer d'avantage le déséquilibre du système oasien très fragile.

La résilience et la sauvegarde des oasis de la Saoura ne peut être assurer que par le recours à une gestion rationnelle des ressources hydriques et à sa valorisation. Cela n'est

possible que par l'application d'un programme d'urgence basé sur les recommandations citées auparavant.

Conclusion générale

L'oasis est un écosystème développé autour d'un point d'eau au milieu de désert. Elle représente un lieu caractéristique des régions arides ou semi-arides, où la vie végétale et animale peut se développer grâce à l'action de l'homme, qui peut ainsi vivre sédentairement dans un milieu climatique hostile. Le système oasien se base sur le palmier dattier et permet de se nourrir grâce aux cultures vivrières. L'oasis traditionnelle se caractérise par la superposition de trois étages végétaux (étage arboré, arbustive et l'étage herbacé) permettant de créer un environnement propice au développement des cultures.

Le système oasien est souvent réputé par sa fragilité au milieu désertique puisque la simple action de l'homme sur le milieu naturel déséquilibre ce système qui est basé sur la mobilisation des moindres ressources (surtout en eau).

L'agriculture est considérée et demeurera pour longtemps l'un des piliers fondamentaux pour tout un développement durable. L'Algérie a mis à l'œuvre une multitude de programme et de politiques agraire dans le but de promouvoir son agriculture, d'accroître sa production agricole et d'assurer par là son indépendance alimentaire. L'application de ces programmes a nécessité le dégagement des sommes faramineuses dans le budget national pour la réalisation des différentes équipements et aménagement permettant d'arriver au but fixés de ce programme. Parmi ces grands aménagements hydrauliques dans le sud-ouest de l'Algérie (Saoura) était la construction du barrage Djorf Torba en d'une capacité de 280M de m³ d'eau et cela dans le cadre de la mise en valeur de la plaine d'Abadla sur Oued Guir.

Après quelques années d'exploitation de ce barrage les oasis en aval de celui-ci se trouvent en état de dégradation continu au fil des années jusqu'à aujourd'hui. Notre objectif principal est de répondre au problématique central : comment la construction du barrage Djorf Torba a influencé négativement sur les oasis en aval et le développement durable dans la région de la Saoura.

Les résultats obtenus à l'issus de l'approche d'étude et démarches poursuivies dans ce travail de recherche conduisent à confirmer notre **Hypothèse III** relative à la disparition du système oasien dans la Saoura est causé par de deux phénomène conjointement : phénomène d'ordre naturel par l'assèchement de l'Oued Saoura suite à la construction du barrage Djorf Torba et ses influences en terme quantitatif et qualitatif sur les ressources hydriques locales. Un autre phénomène d'ordre social et économique qui se manifeste par le désaffectation et l'absentéisme du travail de la terre par le fait des mutations économique et social qu'a connue la région et le Sahara en général.

En effet la construction du barrage Djorf Torba a arrêté l'écoulement superficiel de l'Oued Guir qui draine 210Mm³ d'eau par année vers l'Oued Saoura. Les nappes phréatiques en bordure d'Oued Saoura ne seront plus alimentés. Même s'ils gardent un niveau piézométrique relativement stable grâce à l'alimentation latéral de la nappe du grand Erg occidental on assiste à l'abondance de plusieurs puits et le tarissement de plusieurs foggaras suite à la croissance alarmante de la salinité de ses eaux (>1500mg/l). Du fait le manque de l'écoulement de l'oued Saoura et la forte évaporation, les sels dans l'inféro-flux remontent par capillarité en surface. Cette situation contribue à la fois à la dégradation de la qualité des eaux et de la terre et leurs aptitudes à l'agriculture. En plus le développement anarchique des forages illicites équipés des motopompes vient d'aggraver la situation par le rabattement du niveau piézométrique de la nappe du quaternaire et l'appel des eaux de l'inféro-fulx de plus en plus plus salées. En effet plus de la moitié des échantillons prélevés présentent une qualité médiocre à l'irrigation (58% des échantillons sont de type C3S1) (**Benmoussa Y, 2020**).

En plus les mutations socio-économique ont un impact très lourd sur la dégradation de l'agriculture oasisienne de la Saoura, en effet la désaffectation des jeunes générations et l'absentéisme des anciens agriculteurs dans le travaillent de la terre est le résultat d'un grand changement qu'elle a subi le système oasisien. Puisque ce dernier est basé sur trois éléments principales : l'eau, la terre et l'homme. L'exiguïté et l'indivision de l'héritage a non seulement diminué les surfaces parcellaires agricole et l'allongement des tours d'eau mais aussi le blocage des transactions foncières. En plus l'exode des jeunes générations vers d'autre secteur plus rémunérateurs surtout avec la promulgation de la loi portant sur le soutien à l'emploi des jeunes (ANSEJ) et la loi portant sur le Programme d'Appui au Secteur de l'Agriculture (PASA).

Au final, l'étude de ruissèlement doit d'être à la base de tout projet d'aménagement au Sahara. Dans le milieu désertique la faible action de l'homme peut devenir prépondérante et avoir une portée incalculable. Ainsi que le notait l'ingénieur en chef G.Drouhin : « il est non seulement inutile mais dangereux de créer des centres de vie si on ne peut être assuré de pouvoir les maintenir, et nous ajouterons, si nous risquons, ce faisant de transformer en désert absolu ce qui n'était qu'un désert relatif ».

Références bibliographiques

Achour Bennadji, Hayet Bennadji, Claude Cheverry, Nicole Bounaga (1998) Béni-Abbès ou le dépérissement d'une palmeraie. Cahiers Sécheresse, Volume 9, Numéro 2, pp 131-137.

Ait Saadi MH, Remini B. (2020) Water in the ksours: what genius? Case of timimoun and tiout (Algeria). J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(1), 525-537.

Badr-Eddine Yousfi (2012). Dynamiques urbaines, mobilités et transports dans le Sud-ouest algérien (wilayas d'Adrar et de Bechar). Géographie, Université de Franche-Comté ; Université d'Oran, 2012. Français. NNT : 2012BESA1007.

Baci L. (1999). Les réformes agraires en Algérie. CIHEAM Cahiers Options méditerranéennes. Vol 36, pp 285-291.

Blanc P. et Conrad G. (1968). Evolution géochimique des eaux de l'Oued Saoura (Sahara Nord Occidental). Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn., (2), vol.X, fasc. 5, pp.415-428, Paris.

Battesti V. (1997). Les oasis du Jérid : des révolutions permanentes ? Projet « Recherche pour le développement de l'agriculture d'oasis ». INRAT, GRIDAO/CIRAD. 225 pages.

Belguedj M. (2010). Préservation des espèces oasiennes et stratégie à mettre en oeuvre. Cas du palmier dattier (Phoenix Dactylifera. L) Institut Technique de Développement Agricole Saharienne, ITDAS/OADA 13-14/12/2010.

Bensaâd A. (2011). L'eau au Bas Sahara : un bouleversement majeur dans un espace de territorialités bouleversées. In,,,,,pp,31-55

Ben Khalfallah C(2019). Caractérisation de la dynamique des oasis de Djérid. Thèse de Doc. Université Montpellier-France ; Université de Tunis El Manar, 230p.

Bourbia F.(2009). Role des oasis dans la création des ilots de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « cas de l'oasis de Biskra-Algérie », thèse de mag, Univ Biskra-Algérie, 143p.

Castany G. (1982) Hydrogéologie, principes et méthodes, Dunod, Paris.

Chavaillon J. (1964). Les formations quaternaires du Sahara NordOccidental. Pub. du C.R.Z.A., série géol. n°5, C.N.R.S., 393p.

Clement C. (2007). La salle pédagogique de Béni-Abbès et sa station de lagunage expérimentale : un enjeu pour le développement d'une oasis en Algérie, rapport de stage master I, Univ Paul valéry montpellier III, 133p.

Conrad G et Roche M. (1965). Etude stratigraphique et hydrogéologique de l'extrémité méridionale de Hamada du Guir. Bull. Soc. Géol. FR 7e série.

Conrad G., Marce A. et Olive P. (1975). Mise en évidence, par le Tritium, de la recharge actuelle des nappes libres de la zone aride saharienne (Algérie). *Journal of Hydrology*, 27(1975). 207-224.

Cornet A. (1962). Essai sur l'hydro-géologie du Grand Erg occidental et des régions limitrophes. Les foggaras. Trav Inst Rech Sah, VII: 71-122.

Doering M. and al. (1964). Salt accumulation and salt distribution as an indicator of evaporation from fallow soils. *Soils Sc.*, Vol. 97 : pp 312-319.

Dubief J. (1953). Essai sur l'hydrologié superficielle au Sahara. Direction du Service de la colonisation et de l'hydraulique, Service des Études Scientifiques, clairbois, Birmandreis, (Alger), 457 p.

Dubief J. (1959). Le climat du Sahara. Mémo. Hors-série, *Inst. Recherche Saharienne*, t. I, 312p.

Durand J.H. (1953). Etude géologique, hydrogéologique et pédologique des croûtes en Algérie, S.E.S, Alger.250 p.

Edmunds W.M., Shand P., Guendouz A., Moulla A.S., Mamou A. and Zouari K. (1997). Recharge characteristics and groundwater quality of the Grand Erg Oriental basin. Final Report: EC (AVICENNE) Contract CT93AVI0015. British Geological Survey

EL FAÏZ M (2004). Le génie de l'eau dans la civilisation arabe. Magazine QANTARA, Institut du Monde Arabe – PARIS - pp. 42-45

Eriksson E. (1976). The distribution of salinity in Groundwater of the Dehhi region and recharge rates of groundwater. (in Interpretation of Environmental isotope and hydrochemical data in Groundwater Hydrology. AIEA, 1-172-177.

Estanove P. Toutain G. (1990). Valorisation de la datte. Note technique In : Dollé V. (ed.), Les systèmes agricoles oasiens. Montpellier : CIHEAM, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 11). pp. 301-318

Fabre J. (1976). Introduction à la géologie du Sahara algérien et des régions voisines. S.N.E.D. Alger. 421p.

Ferry M. (ed), Greiner D. (ed). Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens. Zaragoza. CIHEAM. Options méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens. 260 pages

Fortas A, (2016). Initiation d'Utilisation du SIG pour cartographie Hydrologique du Bassin Versant d'Oued Saoura (wilaya de Béchar). Mémoire de master ; Université d'Ouargla Algérie.

Foufou A. (2006). Etude socio-économique de l'agriculture oasienne dans le Sahara du sud-est algérien. Étude de cas : la région d'Ouargla. Mémoire de Master en Sciences, IAM de Montpellier, 203 p.

Gautier E.-F., Larnaude Marcel. L'oued Saoura. In : Annales de Géographie, t. 30, n°163, 1921, pp. 50-59

Ghanem, M. (2013). Les enjeux climatiques au Maghreb. Terres et vies oasiennes au défi du changement climatique. Rencontre internationale pour la sauvegarde des oasis. Le rendezvous multi-acteurs pour la sauvegarde et le développement durable des oasis. 23, 24, 25 mars 2013 – ZARZIS, TUNISIE, RADD0.p. 11.

Guedouh S (2018). Impact du bâtiment à patio sur l'environnement thermique et lumineux adjacent, thèse de doctorat, univ Biskra Algérie, 367p.

Guezoul, O., Chenchouni, H., Sekour, M., Ababsa, L., Souttou, K., Doumandji, S. (2013). An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems "Oases" in Algerian hothyperarid lands. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(1), 37-43. DOI: 10.1016/j.sjbs.2012.10.001

Gwenaëlle J (2014). Les enjeux de la préservation et du développement d'un paysage culturel. Le cas de la palmeraie de l'oasis de Figuig (Maroc), thèse de doctorat, Université Paris Diderot, France, 333p.

Jean, D., Edmond, B. (2001). *Les milieux désertiques*. Paris :ARMOND COLIN. Chap. 5, L'homme et les milieux arides,p.229-230.

Kabour A et Mekkaoui A. (2011). Évaluation et gestion des ressources hydriques dans une zone aride, cas de la ville de Béchar (sud ouest algérien). Larhyss Journal.

Kassah A. (2009). Oasis et aménagement en zones arides : Enjeux, défis et stratégies; Cirad, Montpellier, France.

Lazarev G. (1988). L'oasis une réponse à la crise des pastoralismes dans le Sahel. In : Dollé V. (ed.), Toutain G. (ed.). *Les systèmes agricoles oasiens*. Montpellier : CIHEAM, 1990. p. 77- 90. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 11). *Les Systèmes Agricoles Oasiens*, 1988/11/19-21, Tozeur (Tunisia).

Lefkir A. (2005). Elaboration de cartes thématiques sur les ressources hydriques dans une zone saharienne, cas de la willaya de Bechar, Séminaire N2E, Bechar.

MANSOUR H. et VERDEIL P. (1992) Hydrogeologie de la source de Beni-Abbes : son alimentation et son captage (Sahara Nord occidental). Fenetre ouverte sur la Science au desert. Adrar.

MANSOUR H. (2007) Hydrogeologie du continental intercalaire et du complexe terminal en domaine aride. Exemple des monts des ksour (atlas saharien occidental), thèse de Doctorat, université d'Oran, 2007, 239p.

MARGAT J. Hydrologie et ressources en eau des zones arides. Bulletin de la Société Géographique de France, Décembre, Vol.8, n°7, pp.1009-1020.

MEBROUK N, Etude hydrochimique et isotopique des eaux de la vallée de la Saoura (Sahara Nord Occidental), thèse de doctorat, Université d'Oran, 2007, 243p

Mekideche D., Sain., Touat S. et Younsi N. (1995). Carte hydrogéologique de la région de Béchar. Notice explicative, p 73.

MEKKAOUI A. (2000) - Bordure du sillon Atlasique et plateforme Saharienne. Jurassique inferieur et moyen : Djebej Grouz meridional - Charef - Fendi, (Partie occidentale des Monts des Ksour, Atlas Saharien). Thèse Magister, Univ –Oran, Algérie, 250 p, 110 fig, 15 pl.

MENCHIKOFF N. (1957) - Les grandes lignes de la géologie Algérienne. *Rev. Géogr. Phys. Et Géol. Dynam. Paris, Serv, 2, vol 1, Fasc.1, pp. 37 – 45.*

Merzougui T. (1998) Valorisation des ressources en eau de la haute Vallée de la Saoura (entre Taghit et Kerzaz) Thèse Ing état, Univ Sci Tech d'Oran Algérie, p 175.

Merzougui T (2011) caractérisation hydrogéologique et modélisation d'un aquifère alluvial en zone hyper aride : cas de la nappe de la palmeraie de Beni Abbes (vallée de la Saoura, sud ouest algérien). Mémoire de magistère, Univ Tlemcen Algérie : 160p.

Merzougui T. Kabbour A (2008) Un modèle de gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride : Cas de l'oasis de Béni Abbès (Vallée de la Saoura, sud ouest algérien) 13e Congrès Mondial de l'Eau, 1-4 septembre, Montpellier, France p12.

Merzougui T, Mekkaoui A , Graine G. (2007) :Hydrogeology of Beni Abbes: potentialities, hydrodynamics and consequences on the palm grove (Saoura Valley, southwestern Algeria). In the book: Aquifer Systems Management; Laurence, Chery (EDT) / Marsily, Ghislain De (EDT) Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage, Chapter 20: 269-279

Mihi A. (2018) Etude écologique et cartographique de l'écosystème oasien par l'outil SIG et Télédétection : cas de l'oasis de Biskra, Algérie sud, thèse de Doctorat, université Sétif, p 217.

Remini B (2019) les foggaras du Sahara : le partage de l'eau l'œuvre du génie oasien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°39, pp. 25-57

REMINI B. (2018). The foggaras of the oasis of Ghardaia (Algeria): the sharing of flood waters. Larhyss Journal, N° 36, pp. 157-178.

REMINI B., ACHOUR B. (2008). Vers la disparition de la plus grande foggara d'Algérie : la foggara d'El Meghier. Revue Sécheresse (France). Vol. 19, N°3, pp. 217-221.

Remini B., Rezoug C. La khottara de la Saoura : un patrimoine hydraulique en déclin. Larhyss Journal. 2017, (30), Juin, 273-296.

Remini B (2018). Les foggaras de l'oasis de Ghardaïa (Algérie) : le partage des eaux de crues. Larhyss Journal, Vol (36), pp 157-178.

Remini B (2019). La foggara et le ghout (Algérie) : quand le forage sonne le déclin. Larhyss Journal. Vol (39), pp 275-297.

Remini B., Souaci B.E. (2019) Le Souf : quand le forage et le pivot menacent le ghout ! Larhyss Journal. Vol (37), pp 23-38.

Remin B., Achour B. (2016) The water supply of oasis by Albian foggara: an irrigation system in degradation. Larhyss Journal. Vol (26), pp 167-181.

Remini B., Ait Saadi M.H (2020). WATER IN THE KSOURS : WHAT GENIUS? CASE OF TIMIMOUN AND TIOUT (ALGERIA). Journal of Fundamental and Applied Sciences. Vol.2,N°12, pp 525-537.

REMINI B., ACHOUR B. (2017). The Foggara of Moghrar (Algeria): An irrigation system millennium. Journal of Water Sciences & Environment Technologies. Vol.2, N°1, pp. 111-116.

Retima L (2015). Caractérisation morphologique et biochimique de quelque cultivar du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Foughala (Wilaya du Biskra), mémoire de magistère, univ Batna Algérie, 135p.

Rezzoug C. (2017) Les techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles dans les oasis de la Saoura: situation actuelle et perspectives. Thèse de doctorat, univ chlef Algérie, 170p.

Rezzoug C, Remini B, Hamoudi S. (2017) La connaissance de l'irrigation traditionnelle dans l'oasis de keerzaz dans le sudouest de l'algerie: héritage et développement. J Fundam Appl Sci 9:261–273

RIOU (1988). Bioclimatologie des oasis. Séminaire sur les systèmes agricoles oasiens. Tozeur, Tunisie. 19-21.

Roche M. (1973). Hydrogéologie de la Haute Saoura (Sahara nord occidental). Paris: Publ CNRS, série Géol., 91p.

Rodier J, Legube B, Merlet N, Brunet R (2009) L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. France, Paris

Sghaier M. (1996). Les systèmes oasiens sahariens et péri-sahariens, cas de la Tunisie
FAO, 90 p.

Toutain, G. (1990). Conservation des sols en palmeraies sahariennes et bordurières au Sahara. *CIHEAM-Options méditerranéennes*. n °25, p.65, 68.

Toutain G., Dollé V., Ferry M. (1990). Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. CIHEAM p. 7-18 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n.11)

TOUTAIN G. (1988), Situation des systèmes oasiens en régions chaudes, Séminaire Les systèmes agricoles oasiens, Tozeur (Tunisie), 19-21 novembre 1988. Paris, CIHEAM : pp.7-18.

Yousfi N. (1984). Etude géochimique et isotopique de l'évaporation et de l'infiltration en zone non saturée sous climat aride : Béni-Abbès, Algérie. Thèse Doct. 3^è cycle. Univ. Paris-Sud Orsay, 181p.

Yousfi N et Ait-Ahmed C (1992) Contribution à l'étude hydro-géologique de la Grande Source et de la palmeraie de Béni-Abbès (Sahara occidental). Thèse Ing Etat, Univ Sci Tech d'Oran-Algérie, p 440.