

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université Saad Dahleb - Blida
Faculté de Technologie**

Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement

**Mémoire de fin d'études Master
Spécialité : Hydraulique
Option : Sciences de l'eau**

Titre :

**L'EAU DANS L'OASIS DE
BOUNOURA**

Présenté par: MOULLA Oussama Taha

Devant le jury :

Président : Pr. Guendouz

Promoteur : Pr. REMINI Boualem

Examineur : Mr. MESSAOUD Nacer

Examinatrice : Mme. BOUZOUJIA

Année universitaire : 2012-2013

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes

*Très chères parents qui m'ont toujours soutenu et encouragé tout au
long de ma vie.*

A mon très cher frère Chouaib

A ma très chère sœur Khadidja

A mes meilleurs amis

A toute ma famille

A mes camarades de formation

Et à tous ceux qui me sont très chers.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer, en premier lieu toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse le Pr. REMINI Boualem pour son encadrement, ses conseils avisés ainsi que le soutien qu'il m'a apporté pour que ce travail puisse être mené à bien.

Mes sincères remerciements vont également à toutes les personnes de la vallée du Mzab ayant contribué à la réussite de ce projet, je cite à ce titre le personnel de la DHW, OPVM, ADE.

Je remercie aussi les notables de la ville de Bounoura en particulier Cheikh DAOUD, Mr. BAKIR.

Je ne saurais oublier l'ensemble du corps professoral du département des sciences de l'eau et de l'environnement pour l'enseignement qu'ils nous ont prodigué.

Enfin je remercie les membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Résumé

La vallée du M'Zab forme un écosystème en parfait équilibre entre le Ksar, la palmeraie et les ouvrages hydrauliques traditionnels. Néanmoins, ce fragile équilibre est menacé par de multiples facteurs liés à la fois à une forte pression anthropique, une mauvaise gestion des ressources hydriques ainsi qu'un manque d'entretien des systèmes de partage de l'eau.

Notre étude a pour but de dresser un état des lieux de l'environnement dans l'une des pentapoles que recèle la vallée du M'Zab, en l'occurrence la palmeraie de Bounoura, en tenant compte des contraintes naturelles et des pressions exercées par les multiples acteurs et de proposer des solutions pratiques aux problèmes recensés en adéquation avec les enjeux de toute la région qui cherche à se moderniser et le respect de l'environnement .

Pour se faire nous avons axé notre démarche sur la collecte de données essentielles pour notre travail auprès d'organismes étatiques et d'associations activant dans le domaine de la protection du patrimoine national .Par la suite nous avons effectué des visites sur terrain en interrogeant les principaux intervenants dans la palmeraie de Bounoura : notables, fellahs...

Mots clés : Bounoura- M'Zab - Oasis- eau- dégradation- hydraulique traditionnelle

Abstract

The M'Zab valley forms an ecosystem in perfect balance between the Ksar, the palm grove and the traditional hydraulic structures. However, this delicate balance is threatened by many factors related both to high anthropogenic pressure, poor water resource management as well as maintenance systems sharing water shortage.

Our study aims to develop a state of the environment in one of pentapoles that contains the Valley for the M'Zab , namely the palm of Bounoura , taking into account the natural constraints and pressures multiple stakeholders and propose practical solutions to problems identified in line with the challenges throughout the region seeking to modernize and respect for the environment.

To do this we focused our efforts on the collection of data essential for our work with state agencies and organizations activating in the field of protection of national heritage. Subsequently we conducted field visits with interview key stakeholders in the palm grove of Bounoura: Notable, fellahs...

Keys words: Bounoura-M'Zab- Palm grove-water-degradation- traditional hydraulic

ملخص

تشكل منطقة وادي ميزاب نظاما بيئيا فريدا من نوعه من حيث الانسجام الموجود بين القصر، الواحة ومنشآت الري التقليدية. لكن هذا التوازن مهدد بعدة عوامل منها الضغوط البشرية، سوء تسيير الموارد المائية وكذا قلة صيانة شبكة توزيع المياه التقليدية. تهدف دراستنا الى وضع تشخيص بيئي لواحة بنورة التي تعتبر واحدة من أهم قصور وادي ميزاب مع الأخذ بعين الاعتبار العوائق الطبيعية والضغوط الممارسة جراء النشاطات البشرية المختلفة على المحيط، وإلى اقتراح حلول تتماشى مع تحديات المنطقة التي تصبو إلى مزيد من العصرية مع احترام الوسط البيئي . اعتمدنا خلال دراستنا على رصد المعلومات المتعلقة بالمنطقة من خلال هيئات عمومية وجمعيات ناشطة في مجال حماية التراث الوطني وكذا القيام بجولات تفقدية ميدانية وبتحريات مع أعيان المنطقة والفلاحين.

الكلمات المفتاحية: بنورة- وادي ميزاب-الواحة-الماء- شبكة توزيع المياه التقليدية

Sommaire

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	
PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	3
1.1. Aperçu historique sur la région d'étude	4
1.2. Présentation de Bounoura.....	5
1.3. Cadre géographique et administratif.....	6
1.3.1. Cadre géographique.....	6
1.3.2. Cadre Administratif.....	8
1.3.3. Les régions naturelles de la wilaya.....	9
1.4. Aspects climatique et hydrologique.....	10
1.4.1. Le climat.....	10
1.4.2. Température.....	11
1.4.3. Précipitations.....	Erreur !
Signet non défini.	
1.4.4. Vents.....	Erreur !
Signet non défini.	
1.4.5. Evaporation.....	Erreur !
Signet non défini.	
1.5. Aspect hydrologique.....	Erreur ! Signet non défini.
1.6. Aspects géologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
1.7. Géomorphologie.....	18
1.8. Hydrogéologie.....	Erreur ! Signet non défini.
1.8.1. Nappe	

phréatique.....Erreur ! Signet non défini.

1.8.2. Piézométrie de la nappe

phréatique.....Erreur ! Signet non défini.

1.8.3. Nappe du continental

intercalaire.....Erreur ! Signet non défini.

1.8.4. Piézométrie de la nappe

albienne.....Erreur ! Signet non défini.

1.9.

Agriculture.....Erreur ! Signet non défini.

1.9.1. Le système oasien de l'ancienne

palmeraie.....Erreur ! Signet non défini.

1.9.2 La mise en

valeur.....Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE 2

FONCTIONNEMENT DU SYSTEME HYDRAULIQUE TRADITIONNEL28

2.1. Les Ahbess (barrages).....28

2.1.1. Barrages situés en amont.....28

2.1.2. Barrages situés en

aval.....Erreur ! Signet non défini.

2.2. Les ouvrages de distribution d'eau au niveau des jardins.....Erreur ! Signet non défini.

2.2.1. El-koua :

Orifice.....Erreur ! Signet non défini.

2.2.2. Trop plein d'un

jardin.....Erreur ! Signet non défini.

2.2.3. Les canaux à ciel ouvert

"SEGUIA".....Erreur ! Signet non défini.

2.2.4. Les

puits.....Erreur ! Signet non défini.

2.3. Fonctionnement du système hydraulique lors des crues.....Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE 3

ETAT DES LIEUX DE L'ENVIRONNEMENT – RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

D'ACTION.....Erreur ! Signet non défini.

3.1. Contraintes

naturelles.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2. Contraintes anthropiques.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.1. Dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2. Envasement du barrage Ahbas Ajdid.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.3. Problème des effluents domestiques.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.4. Manque d'entretien de la palmeraie.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.5. Contraintes sociales.....	47
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'ACTION.....	48
3.3. Revalorisation des ouvrages hydrauliques traditionnels.....	48
3.3.1. Les puits traditionnels.....	48
3.3.2. Les diguettes.....	49
3.3.3. Le barrage Ahbess Ajdid.....	Erreur ! Signet non défini.
3.4. Traitement des effluents domestiques.....	Erreur ! Signet non défini.
3.5. Préservation du patrimoine phoenicicole.....	Erreur ! Signet non défini.
3.6. Gestion durable de l'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
3.6.1. Utilisation des énergies renouvelables.....	Erreur ! Signet non défini.
3.6.2. Utilisation des systèmes modernes d'irrigation.....	58
Les techniques de micro-irrigation (irrigation au goutte- à- goutte.....	58
CONCLUSION.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1

Fig.1.1 : Une vue aérienne du Ksar de Bounoura (Google Earth)

Fig.1.2 : Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

Fig.1.3 : Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

Fig1.4 : carte représentant les limites administratives

Figure 1.5 : carte représentant les daïra de la wilaya de Ghardaïa

Fig.1.6 : carte représentant Les régions naturelles de la wilaya

Figure.1.7 : les températures mensuelles

Fig.1.8 : graphe représentant les précipitations mensuelles de la wilaya de Ghardaïa

Fig.1.9 : graphe représentant la vitesse moyenne mensuelle du vent

Fig.1.10 : Evaporation moyennes mensuelles (Période : 2000-2009) (ONM Ghardaïa, 2011).

Fig.1.11 : bassin versant des oueds de la région du M'Zab

fig.1.12 :carte piézométrique de la nappe phréatique

fig.1.13 :carte piézométrique de la vallée du M'Zab (source anrh)

fig.1.14 : carte piézométrique de la nappe CI dans la région du M'Zab (source ANRH)

Fig.1.15 : Les cultures pratiquées au niveau de Bounoura

Chapitre 2

Fig.2.1: barrage Ahbess Ajdid

Fig.2.2 : une vanne coulissante du barrage Ahbas Ajdid (coté Est)

Fig.2.3 : une diguette au niveau de la palmeraie de Bounoura

Fig.2.4 : El-Koua

- Fig.2.5** : les ouvertures du trop plein
Fig.2.6 : la seguia Cherkia
Fig.2.7 : la seguia Guerbia
Fig.2.8 : photo d'un puits traditionnel
Fig.2.9 : photo d'un puits de recharge
Fig.2.10 : carte de forages au niveau de Bounoura (Google Earth)
Fig.2.11 : Fonctionnement du système hydraulique zone amont (Google Earth)
Fig.2.12 : fonctionnement du système hydraulique zone avale (Google Earth)

Chapitre 3

- Fig.3.1** : Palmier atteint par la maladie du Bayoud
Fig.3.2 : Palmier en phase terminale de la maladie du Bayoud
Fig.3.3 : diguette détruite au sein de la palmeraie
Fig.3.4 : une diguette envasée
Fig.3.5 : un puits traditionnel remblayé
Fig.3.6 : phénomène d'envasement du barrage Ahbess Ajdid
Fig.3.7 : rejet d'eaux usées domestiques
Fig.3.8 : pollution par les effluents domestiques
Fig.3.9 : Détritus jonchant les abords de la palmeraie
Fig.3.10 : manque d'entretien de la palmeraie : du mortier asphyxiant la base d'un palmier
Fig.3.11 : puits traditionnel restauré avec des matériaux locaux
Fig.3.12 : reconstruction d'une diguette
Fig.3.13 : Diguette renovée
Fig.3.14 : construction de diguettes en amont du barrage Ahbas Ajdid (Google Earth)
Fig.3.15 : pelle mécanique hydraulique à godet
Fig.3.16 : installation du système decanteur-digesteur
Fig.3.17 : Décanteur-Digesteur
Fig.3.18 : lutte contre le Bayoud : incinération sur place de l'arbre contaminé
Fig.3.19 : arrachage et mise en quarantaine des palmiers infectés
Fig.3.20 : fonctionnement d'un pompage par énergie solaire
Fig.3.21 : pompe écologique utilisant l'énergie solaire
Fig.3.22 : technique d'irrigation au goutte à goutte
Fig.3.23 : L'Irrigation de surface dans la palmeraie de Bounoura

LISTE DE TABLEAUX

CHAPITRE 1

Tableau.1.1 : Daïra et communes de la wilaya de Ghardaïa

Tableau.1.2 : Température mensuelle (Période : 2000-2009) (ONM Ghardaïa, 2011).

Tableau.1.3 : Précipitations mensuelles (ONM Ghardaïa, 2011).

Tableau.1.4 : Vitesse moyenne mensuelle sur une période d'observation (1998/2007)

Tableau.1.5: formation géologique et perméabilité des aquifères

CHAPITRE 2

Tableau.2.1 : les différents barrages de la palmeraie de Bounoura au niveau de l'oued AZOUIL et l'Oued M'Zab

Tableau.2.2 : le nombre de forages et des puits traditionnels

INTRODUCTION

La vallée du M'Zab forme un ensemble homogène unique constituant la marque d'une civilisation sédentaire et urbaine porteuse d'une culture originale qui a su par son génie et son savoir faire préserver sa cohésion à travers les siècles.

Les Mozabites ont su faire fructifier les terres arides du désert en installant un système pérenne de survie collective bâti sur la gestion rigoureuse des ressources hydriques grâce à la mise au point d'un moyen ingénieux de captage, de stockage et de distribution de l'eau ainsi que par la création de grandes étendues de palmeraies.

Ce précieux patrimoine est néanmoins menacé sous l'effet d'un modèle de développement inapproprié reposant sur une inadéquation de la pression démographique et de l'urbanisation anarchique face à une capacité de charge limitée de la région avec comme conséquence une détérioration des palmeraies, un appauvrissement du potentiel écologique et paysager local ainsi que la dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels.

Face à ces menaces, liées à l'expansion anarchique de l'urbanisation, source majeure de la dégradation de l'environnement, il convient d'apporter des solutions concrètes et adaptées afin de préserver cet héritage culturel.

Notre étude se propose de présenter les aspects les plus critiques du phénomène à travers des exemples illustratifs localisés dans la palmeraie de Bounoura. Elle vise dans un premier temps à faire un état des lieux (diagnostic) de l'environnement, puis proposer dans un second temps des solutions appropriées à chaque problème.

Pour se faire notre travail de terrain s'est basé essentiellement sur l'analyse des ressources bibliographiques (documentation, internet) : cartes, plans, photos, rapports techniques,...ainsi que sur des enquêtes menées auprès des agriculteurs, les responsables des secteurs de l'agriculture et de l'urbanisme, les notables de Bounoura et les principaux acteurs de la vie associative de la région.

INTRODUCTION

Le schéma général du présent mémoire comprend trois parties. La première étant consacrée à la présentation de la zone d'étude. La deuxième donne un aperçu global sur le fonctionnement du système hydraulique traditionnel de la région. La troisième est consacrée au diagnostic de l'environnement de la palmeraie de Bounoura ainsi que les perspectives d'action.

RÉFÉRENCES BIBLIORGRAPHIQUES

ABDELLATIF H., 2007. Traitement des eaux. Université des sciences et de la technologie d'Oran. Rapport de recherche.45pages.

ACHOUR M., 2010. Premières mesures Piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du CI dans la wilaya de Ghardaïa. Note de synthèse ANRH, Direction régionale d'Ouargla. 14 pages.

ANRH d'Ouargla (Agence national des ressources hydrauliques) 2003. Note relative à l'étude de la nappe phréatique de la vallée du M'Zab, Mars, 12pages.

ANRH (agence national des ressources hydrauliques) direction régionale sud Ouargla., Mai 2007. Note relative sur les ressources en eau de la wilaya d'Ouargla.

27 pages.

AVOCAT H., KOUZMINE Y., 2007. L'eau et les territoires saharien en Algérie : mutation et enjeux. Communication présentée au colloque international : Eau, ville et environnement, Oran, 13 pages.

BENDRISSOU., DEDJELL Y., 2011. Approche qualitative des eaux souterraines de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa -cas de la palmeraie Est de la ville de Ghardaïa. Université des Sciences de la Technologie Houari Boumediene. Mémoire de fin d'études, 45pages.

BENZAYET B., 2010. Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod. École national supérieur d'agronomie. Mémoire du projet de fin d'études. 75 pages.

BOUKRAA T., Juin 2003. Gestion des ressources hydriques en zones arides -cas de la wilaya de Ghardaïa. Université de Mostaganem.76pages.

D.H.W (direction de l'hydraulique de la wilaya de Ghardaïa), 2009. Données du bassin versant de Ghardaïa.15pages.

DJOUDI H., RAFA A., 2009. Fonctionnement du système hydraulique de partage de la palmeraie Est de Ghardaïa. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique. Mémoire de fin d'étude. 63 pages.

DSA Ghardaïa, direction des services agricoles, Atlas agriculture 2012. 113 pages.

GUEMARI F., 2008. Étude des systèmes traditionnels de captage des eaux et d'irrigation dans les oasis de la vallée de M'Zab, cas des oasis de Metlili, El Atteuf, Guerrara, Béni Izguene. Berriane et Bounoura. université d'Ouargla. Mémoire en vue d'obtention du diplôme de magister. 93 pages.

HASSANI T., 2009. Contribution à la caractérisation des eaux de puits de la palmeraie Est de la commune de Ghardaïa. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique. Mémoire de fin d'étude. 49 pages.

MELLAK Dris., 2009. Étude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique. Mémoire de fin d'étude. 89 pages.

ROUDIER P., 2004. Techniques de réhabilitation des sites et sols pollués, Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement. 126 pages.

SAOUCHE L. ; octobre 2009. Etude de faisabilité d'une digue sur oued LAADHIRA, wilaya de Ghardaïa. Ecole Nationale Supérieure Polytechnique. Mémoire de fin d'étude. 90 pages.

TEY J., 2005. Traitement des effluents domestiques. Bureau d'étude environnement AQUITECH. 8 pages.

TRICHINE., 2010. L'état phytosanitaire des palmeraies algériennes, principaux axes de recherche/développement à prendre en charge. Work shop sur l'agriculture saharienne : enjeux et perspectives. Ouargla. 2 pages.

INTRODUCTION

La vallée du M'Zab forme un ensemble homogène unique constituant la marque d'une civilisation sédentaire et urbaine porteuse d'une culture originale qui a su par son génie et son savoir faire préserver sa cohésion à travers les siècles.

Les Mozabites ont su faire fructifier les terres arides du désert en installant un système pérenne de survie collective bâti sur la gestion rigoureuse des ressources hydriques grâce à la mise au point d'un moyen ingénieux de captage, de stockage et de distribution de l'eau ainsi que par la création de grandes étendues de palmeraies.

Ce précieux patrimoine est néanmoins menacé sous l'effet d'un modèle de développement inapproprié reposant sur une inadéquation de la pression démographique et de l'urbanisation anarchique face à une capacité de charge limitée de la région avec comme conséquence une détérioration des palmeraies, un appauvrissement du potentiel écologique et paysager local ainsi que la dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels.

Face à ces menaces, liées à l'expansion anarchique de l'urbanisation, source majeure de la dégradation de l'environnement, il convient d'apporter des solutions concrètes et adaptées afin de préserver cet héritage culturel.

Notre étude se propose de présenter les aspects les plus critiques du phénomène à travers des exemples illustratifs localisés dans la palmeraie de Bounoura. Elle vise dans un premier temps à faire un état des lieux (diagnostic) de l'environnement, puis proposer dans un second temps des solutions appropriées à chaque problème.

Pour se faire notre travail de terrain s'est basé essentiellement sur l'analyse des ressources bibliographiques (documentation, internet) : cartes, plans, photos, rapports techniques,...ainsi que sur des enquêtes menées auprès des agriculteurs, les responsables des secteurs de l'agriculture et de l'urbanisme, les notables de Bounoura et les principaux acteurs de la vie associative de la région.

Le schéma général du présent mémoire comprend trois parties. La première étant consacrée à la présentation de la zone d'étude. La deuxième donne un aperçu global sur le fonctionnement du système hydraulique traditionnel de la région. La troisième est

consacrée au diagnostic de l'environnement de la palmeraie de Bounoura ainsi que les perspectives d'action.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

La vallée du M'Zab, est située en plein désert et couvre une superficie de 50 km². Elle est classée comme patrimoine national en 1971 et patrimoine de l'humanité par l'UNESCO depuis 1982.

La particularité de cet héritage humain, est qu'il est de nos jours habité par sa population d'origine qui a mis au point un système ingénieux de structuration et d'aménagement de son territoire d'établissement, réputé par son aridité et son isolement.

Le secret de cette réussite s'explique par l'esprit qui a animé ses bâtisseurs en étant parfaitement conforme à leurs idéaux sociologiques, politiques et religieux. Ceci a donné naissance à une civilisation à part entière qui a permis l'épanouissement de l'individu avec son environnement et son milieu naturel depuis déjà mille ans. Malgré l'inhospitalité des lieux et la rareté de l'eau, le génie mozabite a su extraire de ce milieu naturel stérile une multitude de richesses.

Ainsi, il a instauré une économie du territoire pointue, basée sur l'exploitation rationnelle de l'espace au bénéfice d'une vie communautaire prospère. Ceci, s'est traduit par :

- la mise au point d'un système ingénieux de captage, de stockage et de distribution des rares ressources hydriques
- de créations de vastes étendues de palmeraies avec une culture à trois étages.
- la construction d'un chapelet de ksour (cités fortifiées) d'une architecture avant-gardiste.
- la production d'un artisanat riche et varié couvrant les besoins de la vie quotidienne et développé au cours des siècles

La vallée du M'Zab compte, à cet effet, plusieurs palmeraies, dont celle de la Commune de Bounoura, notre zone d'étude. Destinée à l'habitat d'été et à la culture sous palmiers, la palmeraie est assise sur un sol alluvionnaire, qui constitue un espace potentiellement inondable en cas de fortes crues et fait partie de l'espace dont

les ressources en eau sont gérées par le système de partage des eaux.

1.1. Aperçu historique sur la région d'étude

Les Ibâdites furent les premiers bâtisseurs de la vallée du M'zab où ils ont élu domicile après avoir choisi le chemin de l'exil à partir de la ville de Tahert, capitale de l'état Rostomide, détruite en 909. Après un épisode d'errance, ils optèrent de s'installer définitivement dans la vallée du M'zab, pourtant hostile à toute forme de vie et caractérisée par la forte aridité de son sol ainsi que la rareté de ses ressources en eau. Les Ibadhites ont entrepris l'urbanisation progressive de cette vallée en institutionnalisant la pratique culturelle, en inculquant aux populations de la vallée le sens de l'institution et sa primauté sur l'action tribale ou individuelle. Grâce à cette organisation hors paire, les mozabites ont réussi à asseoir les fondements d'une nouvelle vie distinguée par une urbanisation perfectionniste, qui a abouti à la mise en valeur de ces contrées réfractaires à toute implantation durable et en donnant naissance à cinq magnifiques cités dotées chacune de sa palmeraie. Ces villes furent construites successivement selon le même schéma structurel durant la période allant de 1012 à 1355 le long du lit d'Oued M'Zab (GUEMARI., 2008):

- El Atteuf (Tadjinite) dont le nom signifie "Le tournant" fut fondée en 1012
- Ghardaïa (Taghardeit) fondée en 1048
- Bounoura (Atbounour) dont le nom signifie "La lumineuse" fut fondée en 1046
- Béni Isguen (Atisgène) dont le nom signifie "Les fils de ceux qui détiennent la foi", fut fondée en 1347
- Melika (Atemlichet) dont le nom signifie "La Reine" fut fondée en 1355

1.2. Présentation de Bounoura

Bounoura (La lumineuse) fondée en 1046, est une commune de la wilaya de Ghardaïa, située à 2 km à l'Est du chef lieu. Elle compte **36767** habitants (recensement 2010).

Le Ksar est bâti sur une colline isolée et se présente en deux parties (fig.1.1 et fig. 1.2): La partie haute, Agharm n'Oudjenna a été désertée au XVIIIème siècle et seules les vestiges des habitations et la mosquée qui a été restaurée en 1983 et 2001 témoignent encore de cette époque. La partie basse, Agharm n'Ouaddaï, extension du Ksar, est encore jusqu'à présent habitée.

Le Ksar tire sa spécificité de son front qui est constitué de maisons remparts construites sur un rocher de plusieurs mètres de hauteur longeant l'oued M'Zab.

Il compte trois palmeraies, Azouil, Lebdouaat et Tannouma, il est aussi réputé pour son artisanat traditionnel notamment le Châle de Bounoura (GUEMARI., 2008):

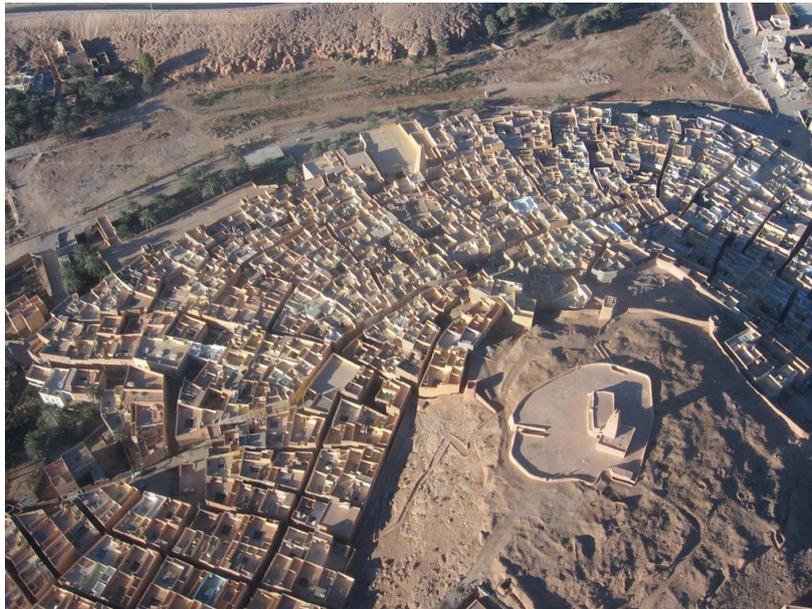


Fig.1.1. Une vue aérienne du Ksar de Bounoura (Google Earth)



Fig.1.2. Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

1.3. Cadre géographique et administratif

1.3.1. Cadre géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara algérien. Elle est issue du dernier découpage administratif

Elle est limitée (fig.1.3 et 1.4):

- Au nord par la Wilaya de Laghouat ;
- Au nord Est par la Wilaya de Djelfa ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset ;
- Au Sud-ouest par la Wilaya d'Adrar ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh ;

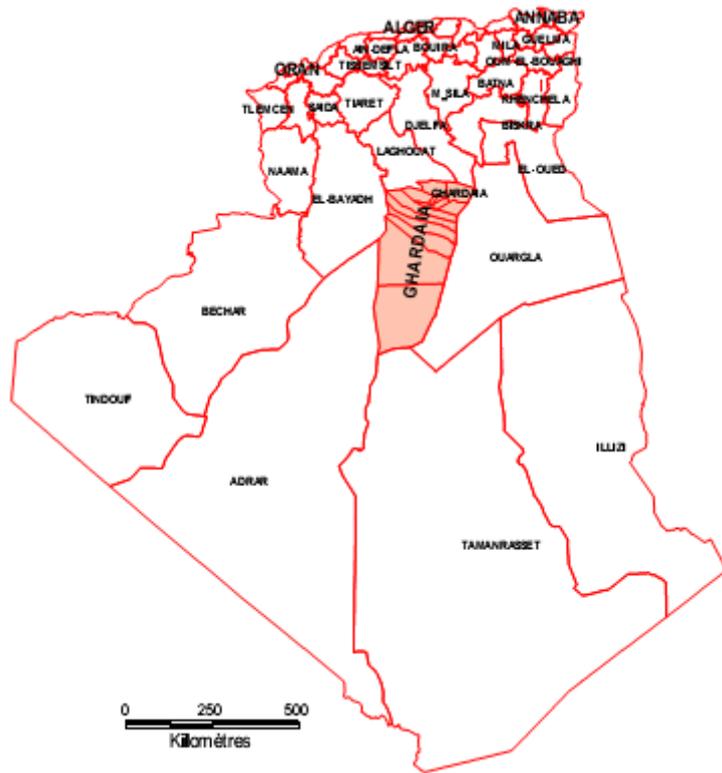


Fig.1.3. Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

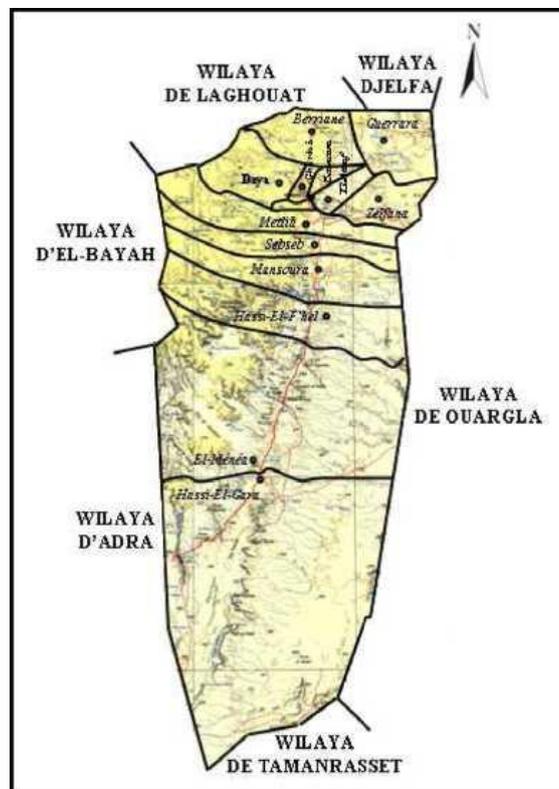


Fig1.4 carte représentant les limites administratives

La vallée du M'Zab est située dans la wilaya de Ghardaïa. Elle se situe à 600 Km au sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 600 m environ, une longitude de 3°.45 est, une latitude de 32°.50 nord. Elle mesure 20 Km de long sur une moyenne de 2,5 Km de largeur. Elle couvre une superficie de 50 Km², et est située dans l'enceinte du bassin versant d'une superficie de 5000Km² traversée par quatre oueds qui drainent les plateaux des dayas et la dorsale du mozabite. Son exutoire naturel est la Sebkhia Sefioune près d'Ouargla.

1.3.2. Cadre Administratif

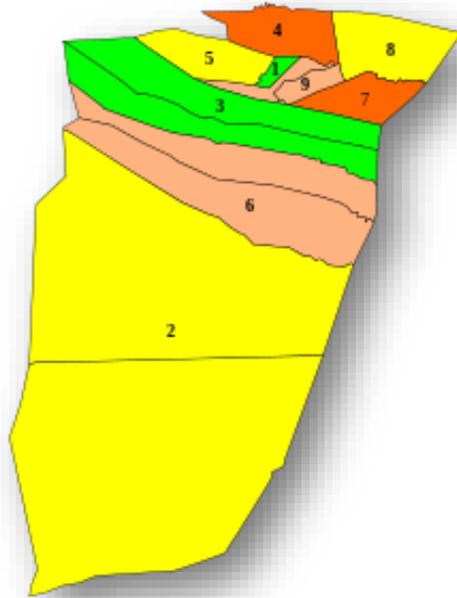
La wilaya de Ghardaïa s'étale sur une superficie de 86105km² avec nombre d'habitant estimés à 405015.

Elle comporte 13 communes réparties sur 9 daïra et ce Suite au découpage administratif du territoire effectué en 1984(tableau.1.1et fig1.5).

Tableau.1.1. Daïra et communes de la wilaya de Ghardaïa

N°	Daïra	Communes
1	Ghardaïa	Ghardaïa
2	El meniaa	El meniaa- hassi gara
3	Metlili	Metlili-sebseb
4	Berriane	Berriane
5	Daia Ben Dahoua	Daia ben dahoua
6	Mansoura	Mansourea-hassi fhal
7	Zelfana	Zelfana
8	Guerrara	El guerrara
9	Bounoura	Bounoura-el atteuf

Figure 1.5.carte représentant les daïra de la wilaya de Ghardaïa



1.3.3. Les régions naturelles de la wilaya

Les régions naturelles, de la wilaya sont (figure.1.6) :

Les plaines de la dalle Hamadienne ; cuirasse calcaire avec, en surface un cailloutis anguleux;

Les régions ensablées ; partie du grand erg occidental avec des cordons dunaires particulièrement denses et élevés;

La Chebka ; dorsale centrale à dominance calcaire en corniches continues de direction nord – sud (DJOUDI., RAFA., 2009).

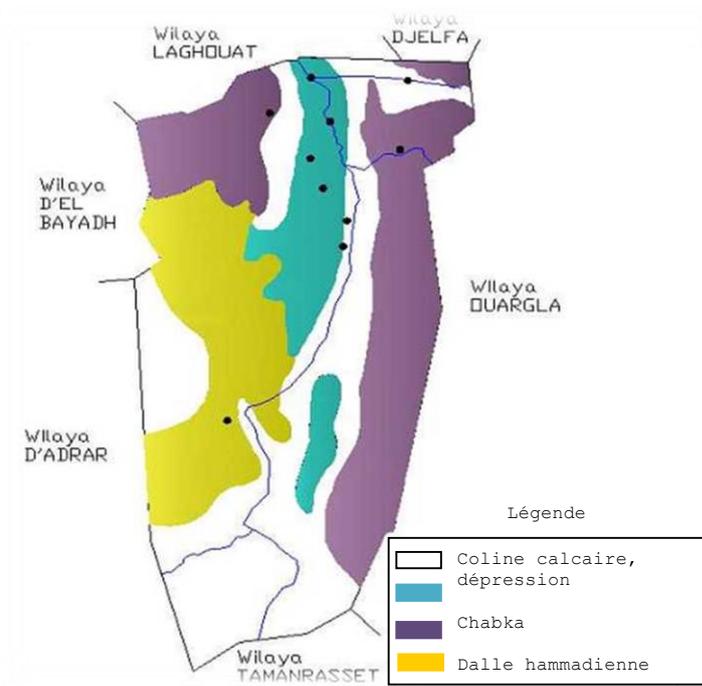


Fig.1.6.carte représentant Les régions naturelles de la wilaya

1.4. Aspects climatique et hydrologique

1.4.1. Le climat

Il est de type saharien, il se distingue par de grandes amplitudes entre les températures du jour et de nuit, d'été et d'hiver (ANRH).

Il se caractérise par deux saisons :

Une saison sèche et chaude (d'avril à septembre)

Et une autre tempérée (d'octobre à mai)

1.4.2. Température

L'analyse des observations statiques enregistrées au niveau de la wilaya de Ghardaïa sur une période de 10 ans a fait ressortir que la température moyenne annuelle est de 22.4°C.

On distingue deux périodes climatiques dans la région du m'Zab, une froide allant du mois de décembre jusqu'au mois de février avec des températures de 0 à 4°C et une autre chaude allant du mois de juin jusqu'au mois d'août avec des pics atteignant les 47°C (Tableau.1.2 et Figure.1.7),(ANRH).

Tableau.1.2.Température mensuelle (Période : 2000-2009) (ONM Ghardaïa, 2011).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
T_{Min} (°C)	5,48	7,94	11,35	14,64	19,33	25,39	27,93	27,1	23,09	17,95	10,69	7,15

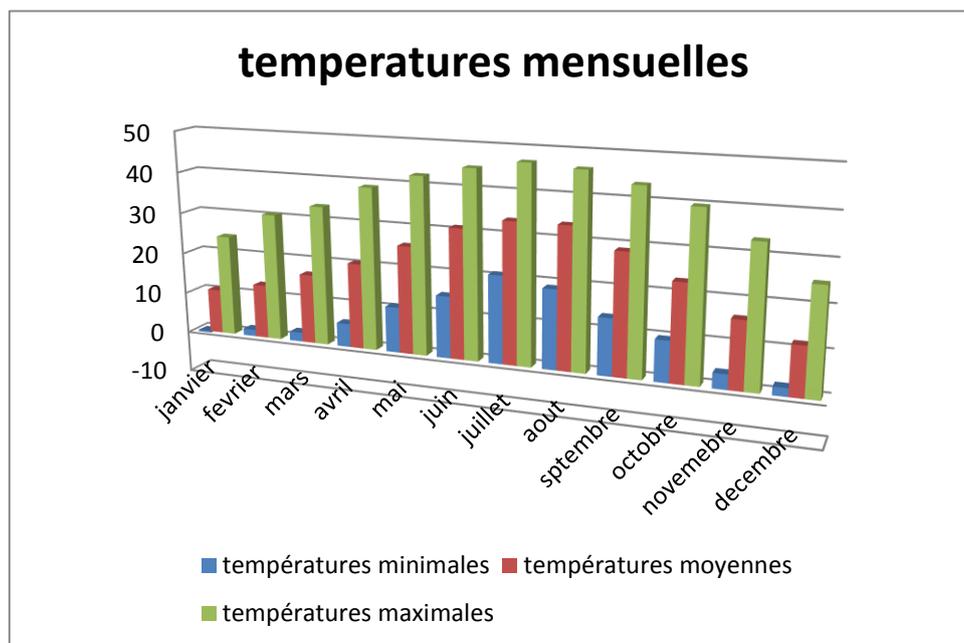


Figure.1.7.les températures mensuelles

1.4.3. Précipitations

D'après les données statistiques de l'ONM sur une période de 40ans, la pluviométrie dans la région est très faible.

La moyenne annuelle est de 68.4mm

Le nombre de jours de pluies ne dépasse pas les 11 jours, entre le mois de janvier et Mars (Tableau1.3et Fig.1.8), (ANRH).

Tableau1.3.Précipitations mensuelles (ONM Ghardaïa, 2011).

Période (2000-2009)	Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
	P (mm)	12,1	1,93	7,47	8,38	1,43	1,24	2,2	9,68	23,1	11,09	5,12	7

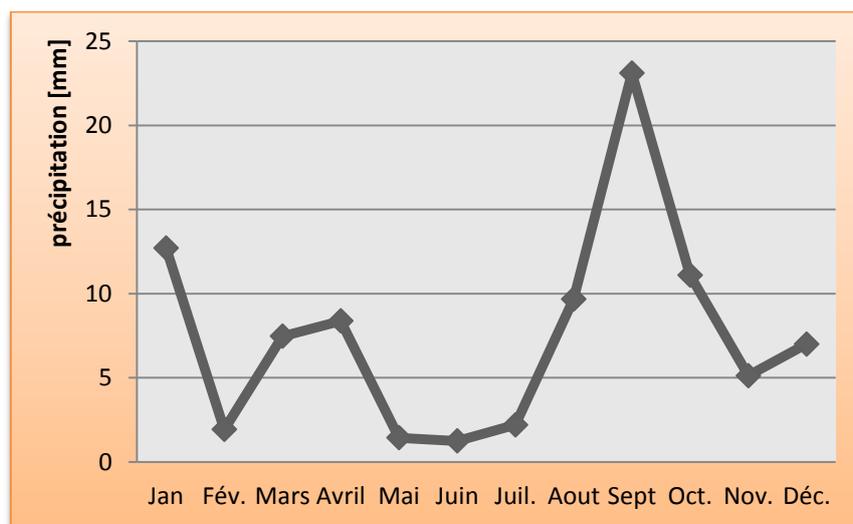


Fig.1.8. Précipitations mensuelles de la wilaya de Ghardaïa

1.4.4. Vents

La vallée du M'Zab est caractérisé par des vents très chauds dans la période estivale tandis qu'en hiver ils sont froids et humides

A noter aussi que la région est touchée par le sirocco d'une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant une période qui s'étend du mois de mai à septembre (Tableau1.4 et Fig.1.9), (ANRH).

Tableau1.4.Vitesse moyenne mensuelle sur une période d'observation (1998/2007)

Mois	janv.	Fév.	mars	avar	mai	juin	juillet	aout	sep	octob	nov	dec
Vitesse du vent moyen mensuel (m/s)	3,41	3,72	3,68	4,06	4,22	3,72	3,45	3,25	3,50	3,01	3,15	3,39

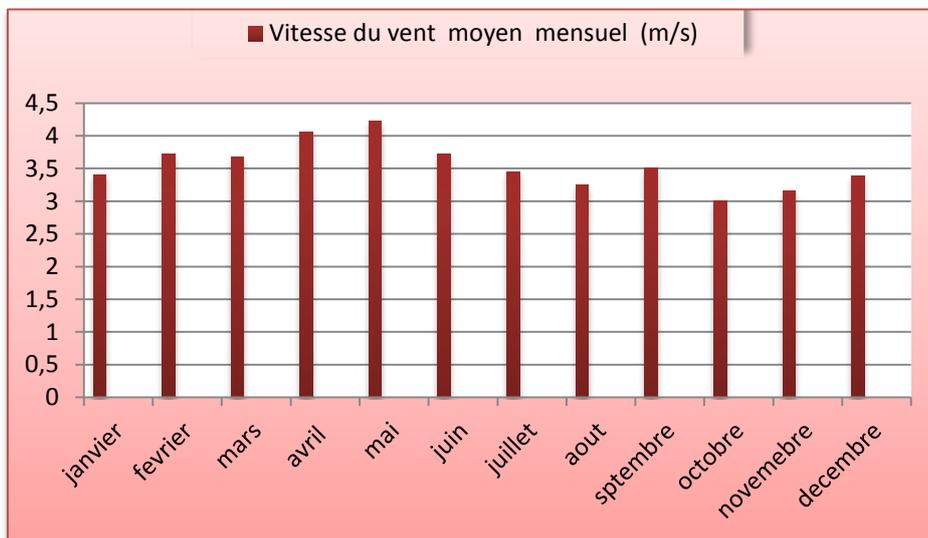
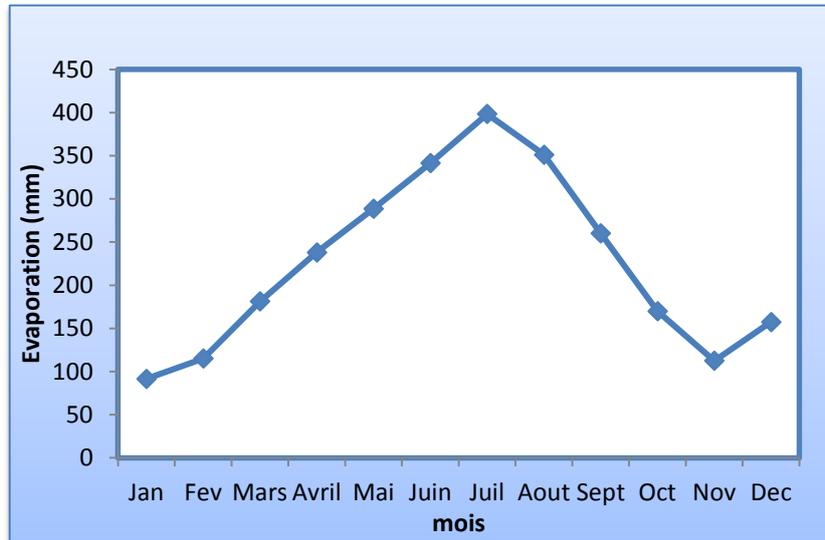


Fig.1.9.graphé représentant la vitesse moyenne mensuelle du vent

1.4.5. Evaporation

Vu les températures très élevée qui touchent la région de Ghardaïa, le taux d'évaporation est en moyenne de 2000mm/an, ce dernier est aussi influencé par les vents et les précipitations (Fig.1.10), (ANRH).



*Fig.1.10. Evaporation moyennes mensuelles (Période : 2000-2009)
(ONM Ghardaïa, 2011).*

1.5. Aspect hydrologique

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (Fig.1.11), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux.

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab, et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

Le bassin versant de l'oued M'Zab fait partie du Bassin Saharien Septentrional. Il prend naissance au piedmont de l'Atlas Saharien à plus de 750m d'altitude et déverse à son exutoire après 320 km à Sebkhaf Safione au nord de la ville d'Ouargla à une altitude de 107 mètres.

Le sous bassin versant qui traverse la vallée du M'Zab est limitée en amont par la commune de Daïa Ben Dahoua et en aval par la commune d'El -Atteuf en passant par les deux communes de Ghardaïa et Bounoura.

L'oued M'Zab présente une direction générale est-ouest, il draine en amont les deux Oueds Labiod et Laadira qui se confluent à 8 km au nord ouest de la ville de Ghardaïa. D'autres affluents plus ou moins importants rejoignent l'oued, citons:

- Sur la rive droite, les deux oueds Touzouz et Aridène qui le rejoignent en amont de la Palmeraie de Ghardaïa.
- Plus en aval, on rencontre, à droite, au niveau de Beni Isguen, l'oued

N'tissa qui traverse la palmeraie de cette ville.

- A gauche et à quelques centaines de mètres en aval du précédent, on trouve l'oued Azouil dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura.

En outre, l'oued M'Zab reçoit d'autres venues de faible importance appelées "chaabah", tel qu'Akhelkhal, Belghanem sur la rive droite, et celles d'Inirèz, Baba Ouldjama sur la rive gauche (Achour M., 2010).

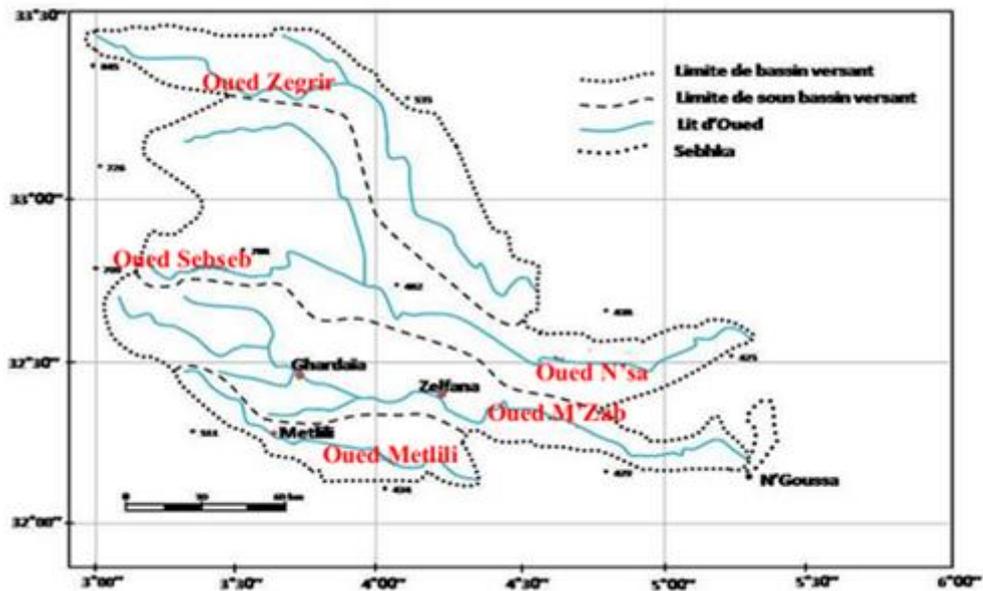


Fig.1.11.bassin versant des oueds de la région du M'Zab

1.6. Aspects géologiques

Le Mzab est un plateau rocheux qui date du crétacé supérieur. Son altitude varie entre 300 et 800 mètres et se présente sous la forme d'une vaste étendue pierreuse et de roches brunes et noirâtres. Ses terrains sont calcaires avec des structures plus ou moins horizontales.

Les principaux affluents sont en grande partie attribués aux crétacés supérieurs.

Les plus répandus sont :

Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-Ouest attribués au Cénomaniens.

Majoritairement couvert par les dunes du grand erg occidental.

Calcaires massifs durs, blanc grisâtre au Centre, attribués au Turonien.

Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.

Sables rougeâtre consolidés à l'Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.

Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds d'argile (DJOUDI., RAFA., 2009).

Le Barrémien : caractérisé par des formations détritiques du Crétacé inférieur sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles avec des intercalations carbonatées peu nombreuses.

L'Aptien : renferme 30m en moyen de dolomies avec d'intercalation d'anhydrite et d'argile, c'est un bon repère lithologique pour les sondages.

L'Albien : est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300m.

Le Cénomanién : environ 260m d'épaisseur, caractérisé par des argiles sableuses à la base, d'une série gypso-argileux au milieu et d'une trentaine de mètres à dominance carbonatée vers le sommet.

Le Turonien : essentiellement carbonaté, il est constitué de calcaire dolomitique massif et marne jaune à la base et de calcaire grisâtre à blanc au sommet.

Le Sénonien : représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et de calcaire dolomitique au sommet.

L'Eocène : d'une épaisseur de 26m au nord de Hassi R'mel, caractérisé par des calcaires blancs à silex.

Quaternaire alluvionnaire : constitué de sables et des alluvions, son épaisseur peut arriver jusqu'à 45m

1.7. Géomorphologie

Le plateau du M' Zab, forme un relief monoclinal orienté NNE et plongeant vers le ESE, composé par deux terrasses calcaires étagées et superposées couronnant deux séries d'escarpements marneux .Il compte une falaise inférieure et son plateau et une deuxième falaise supérieure et son plateau.

La région de Ghardaïa fait partie intégrante de la Chebka du M'Zab caractérisée géomorphologiquement par un vaste et épais plateau, composé de terrains essentiellement carbonatés. Ce massif est élevé de plusieurs mètres d'altitude dans le nord ouest, aride et dépouillé de toute végétation et il est littéralement taillé par d'innombrables ravins plus ou moins profonds, lesquels se joignent et s'enchevêtrent en dessinant des réseaux réticulés qui donnent par une vue aérienne une apparence d'un filet dont l'appellation « Chebka » en arabe. La Chebka se situe entre les deux parallèles 31° et 33° et les deux longitudes 3° et 4°. Elle correspond à un ensemble orographique globalement homogène (ANRH).

La falaise inférieure et son plateau

Le premier plateau (plateau inférieur) atteint 700 m d'altitude. En allant vers l'ouest à partir des collines qui surplombent la ville de Ghardaïa, ce plateau est interrompu par une falaise orientée NS prenant naissance de Bled El Louha au 32°35N, prolongé au sud sur environ 60 Km de longueur suivant le méridien 3°E.

Une hamada plane et uniforme disposée en bandes étroites Nord-Sud avec une largeur irrégulière.

A l'Est, la surface ravinée montre les calcaires fissurés du plateau inférieur échancrée par une multitude de ravins qui découpent à angle droit le plateau horizontal suivant les diaclases et font ressortir entre les berges opposées des mehausseurs dont les plate-formes supérieures sont sur le même plan que le plateau environnant.

Cette zone accidentée, limitée à l'Est par la petite hamada et marque le début d'une

Chebka compliquée affecte dans la région de Ghardaïa l'ensemble du plateau inférieur (la Chebka Occidentale) puis une partie du plateau supérieur (Chebka Orientale).

Le premier versant cataclinal est le lieu de naissance de la plupart des grands oueds septentrionaux qui entaillent le massif du M' Zab. De l'oued Touil au 32°N en allant vers le Sud, la falaise inférieure et la bande hamadienne s'interrompent par la Chebka des grands oueds méridionaux (ANRH).

Falaise supérieure et son plateau

La falaise supérieure se trouve à une altitude de 40m du plateau inférieur. Elle forme un front de gour continu à l'Est de l'axe Berriane- Ghardaïa- Metlili et présente une ligne de relief sinueuse orientée NNE. Vers l'Ouest, le plateau supérieur, érodé, représenté par quelques gours clairsemés et plus à l'ouest jusqu'à environ 3°30'E des témoins isolés avancent loin sur le plateau inférieur.

Des rivières subséquentes irrégulières courtes et séparées les unes des autres le long du deuxième escarpement dans le nord du M' Zab et finissent par rejoindre les grands oueds. Citons l'exemple de l'oued El Haimieur au nord de la ville de Ghardaïa, ou celui de l'oued Azouil au nord de Bounoura lequel longe également des blocs de l'étage supérieur et recouvre des ruisseaux obséquents à travers sa falaise.

Dans la région de Hassi El Fahel, au sud, la falaise supérieure est plus épaisse, moins déchiquetée qu'au Nord, marquée par le passage des oueds méridionaux. Le plateau supérieur à l'Est du deuxième escarpement, constitue un deuxième versant cataclinal, sur lequel se développe la Chebka orientale. Ce versant incliné crée des ruisseaux conséquents coulant vers le SE.

Sur le plateau supérieur, en poursuivant notre cheminement dans le sens de la pente, jusqu'à la zone du changement de la forme du réseau hydrographique, une série de canaux longs et parallèles prennent naissance par les nombreux affluents provenant de l'ouest et convergent en divers points séparés par de larges plaines appelées chacune « Guentra ».

Les grands oueds : «Oued N'ssa, oued M' Zab, oued Metlili...etc.» serpentent à travers

d'étroits canaux et continuent leur descente vers le SE et finissent en dépressions fermées près de la cuvette d'oued Mya. La Chebka orientale cesse dans cette zone, de même que le plateau calcaire qui la supporte, en passant, par une vaste hamada d'atterrissement qu'est la région des Guentras. Ce changement a lieu dans le Nord à partir du 4°15'E, et au Sud dès le 3°35'E, et cela parallèlement au déplacement continu de la ligne d'escarpement supérieure vers le SW (ANRH).

Fissuration et Karstification

Les karsts

Il existe deux grands karsts dans la région : environs de Bounoura avec la grotte de « figher » et celle de « louss ». Elles sont creusées dans les roches profondes du plateau inférieur.

Ces grottes souterraines s'étendent sur quelques centaines de mètres de longueur

Leur étage supérieur est situé à plus de 10m de profondeur.

À environs 60 km au SE de Mansoura, un aven de 15 m d'ouverture et 100 m de profondeur (dans la région de Sahb el Bir) considéré comme un grand karst, figure comme un grand trou noir au milieu de la hamada.

Les petits karsts prennent diverses formes et sont nombreux dans la région (ANRH).

La fissuration

Les cassures verticales ou perpendiculaires à la stratification constituent l'essentiel des fissurations observées dans la région de Ghardaïa.

Des diaclases taillent la falaise verticale de 6m sur laquelle repose la ville de Bounoura. Une fracture orientée 110° N, de longueur d'environ 250 m, forme une large cavité naturelle à Beni isguen .Elle capte et emmagasine les eaux ruisselantes des pluies et sert de citerne aux villageois (ANRH).

1.8. Hydrogéologie

Comme toute région saharienne les eaux souterraines sont la principale ressource hydrique de la wilaya de Ghardaïa.

Selon la profondeur on peut distinguer deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'inféro-flux et la nappe profonde du continental intercalaire dite albienne (ANRH).

1.8.1 Nappe phréatique

La localisation des nappes phréatiques de la région du M'Zab se trouve dans les alluvions des vallées des oueds de la willaya de Ghardaïa.

Le comportement hydrologique est lié à la pluviométrie et aux crues qui représentent la source d'alimentation. Les eaux de ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels appelés ' HASSI', qui sont essentiellement destinés à l'irrigation. Leur profondeur varie entre 20 et 30 mètres.

Concernant la qualité chimique, les eaux de cette nappe sont bonnes pour la consommation en amont et impropres en aval(contamination par les eaux urbaines).

La nappe phréatique du M'Zab fait face à deux problèmes majeurs :

L'alimentation faible et irrégulière.

L'évaporation intense.

La recharge de la nappe phréatique se fait au niveau des alluvions poreux par les précipitations torrentielles et les apports d'irrigation par l'albien ainsi que par le biais des fissures de calcaires.

La nappe phréatique, vu sa grande perméabilité et sa faible profondeur, court un grand risque de pollution plus particulièrement au niveau des lits des oueds.

Au niveau de la région du m' Zab, la nappe phréatique comprend deux aquifères superficiels, l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré (tableau.1.5) (ANRH).

L'aquifère alluvionnaire quaternaire

Il est constitué essentiellement d'alluvions avec du sable fin et grossier et des poudingues; lui donnant une porosité et une perméabilité interstitielles qui favorisent l'infiltration des eaux et l'écoulement souterrain. Ce remplissage du lit des oueds repose en général sur la barre carbonatée cénomano-turonienne avant d'atteindre les argiles. Son épaisseur varie de 25 à 45m (ANRH).

L'aquifère cénomano-turonien

Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100m. Grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire (ANRH).

1.8.2. Piézométrie de la nappe phréatique

Une campagne de mesure piézométrique a été effectuée en juin 2000 par l'ANRH sur 107 points d'eau (puits) tout au long de la vallée à partir de la région de Bouchène qui constitue la zone de confluence de l'oued Touzouz avec l'oued M'Zab jusqu'en aval de la vallée d'El-Atteuf (Aouleouele). La carte piézométrique ci-dessous a été réalisée à l'aide du logiciel Surfer sur une photo aérienne de Google Earth (fig.1.12 et 1.13).

On constate que les eaux souterraines de la nappe phréatique s'écoulent suivant un sens d'écoulement du nord-ouest de la vallée en amont avec une isopièze de 490m vers le sud-est en aval (435m) en suivant l'inclinaison générale du plateau du M'Zab.

Le gradient hydraulique est de 0,25 en amont et augmente progressivement en aval jusqu'à atteindre 0.35 (ANRH).

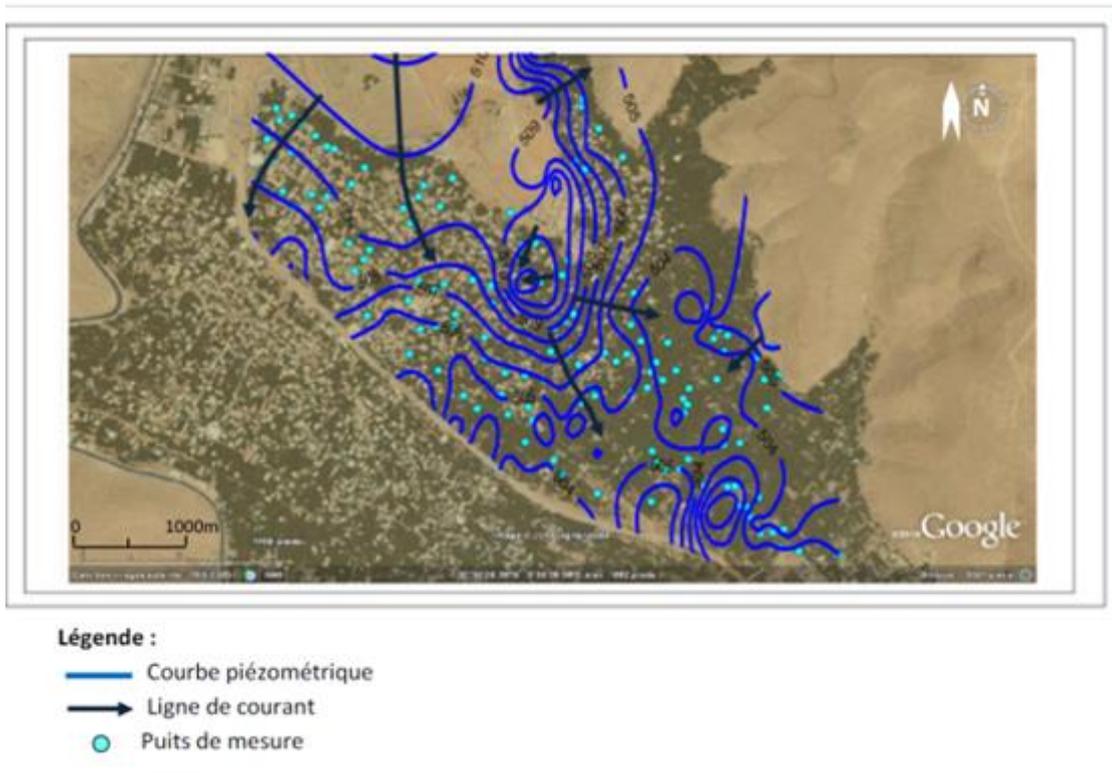


fig.1.12.carte piézométrique de la nappe phréatique(ANRH)

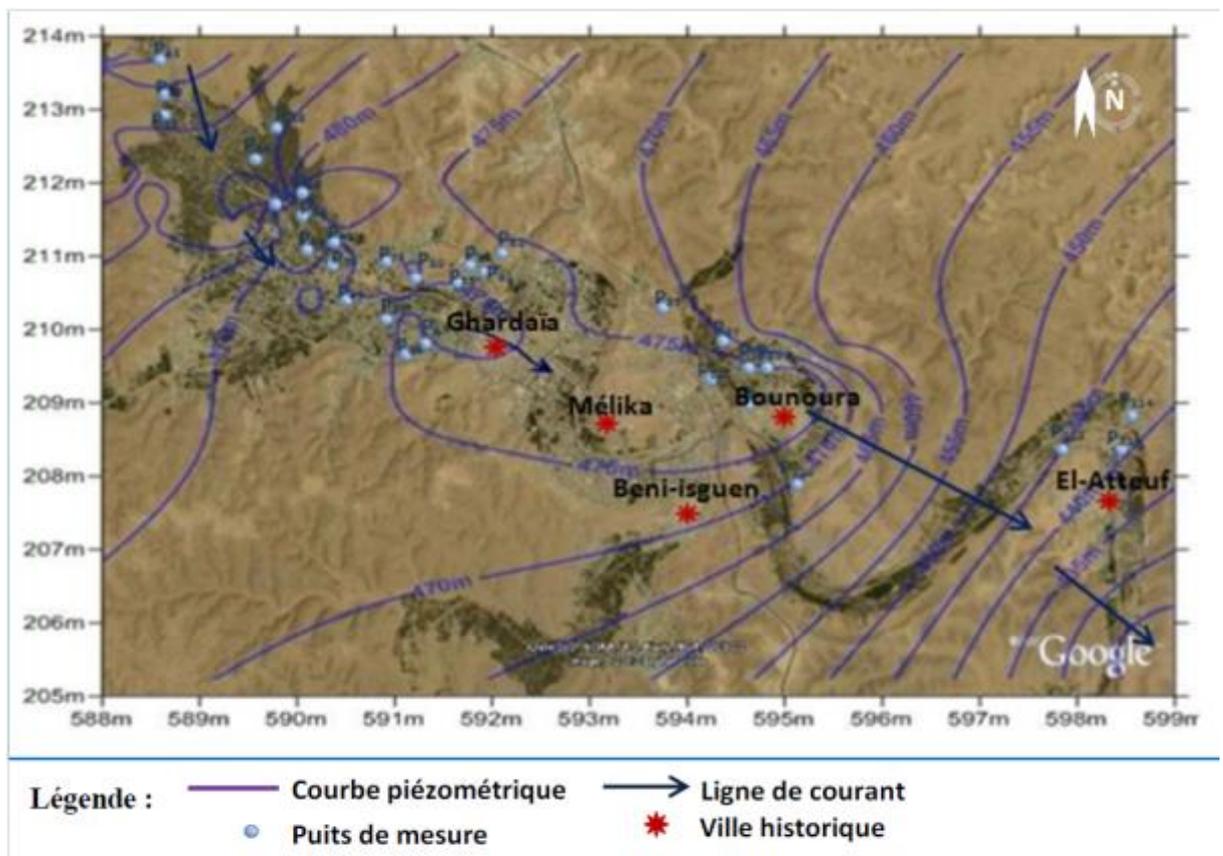


fig.1.13.carte piézométrique de la vallée du M'Zab (source anrh)

1.8.3. Nappe du continental intercalaire

L'Albien : est déterminé en général par des grès argileux : grès rouges et sables moyens à fins avec une épaisseur de 200 à 300m.

La Nappe du continental intercalaire est exploitée à une profondeur allant de 250m à 1000m selon la région. Elle draine d'une façon générale les formations gréseuses et grés argileuses du Barrémien et de l'Albien.

Localement l'écoulement s'effectue d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime provient directement des eaux de pluies au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident sud atlassique.

L'eau de la nappe albienne est la ressource principale de la région. Elle est exploitée pour l'alimentation en eau potable (après traitement), l'irrigation et pour l'industrie .

La qualité physicochimique et bactériologique des eaux de cette nappe tire son profil de la nature lithologique de l'aquifère, composée essentiellement de grès et de sable fins argileux (tableau.1.5) (ANRH).

1.8.4. Piézométrie de la nappe albienne (CI)

La nappe du CI est captive dans toute la région, elle peut être exploitée à des profondeurs variant de 0,5 à 140m dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El-Ménia. En fonction de l'altitude topographique et des formations postérieures au CI, le niveau piézométrique peut se situer au-delà de la surface topographique où la nappe devient jaillissante et admet des pressions élevées en tête des ouvrages de captage. Citons les zones de : Zelfana, Guerrara, Hassi-El-Fahel et Hassi-El-Gara (ANRH).

La carte piézométrique de la nappe albienne en 2005

On distingue deux directions d'écoulement principales au niveau de la nappe albienne (fig.1.14) :

- une qui s'effectue du Nord-ouest vers l'Est, dans le Nord de la région.
- l'autre est situé dans le Sud-ouest de la région qui se dirige du Nord-ouest vers le Sud.

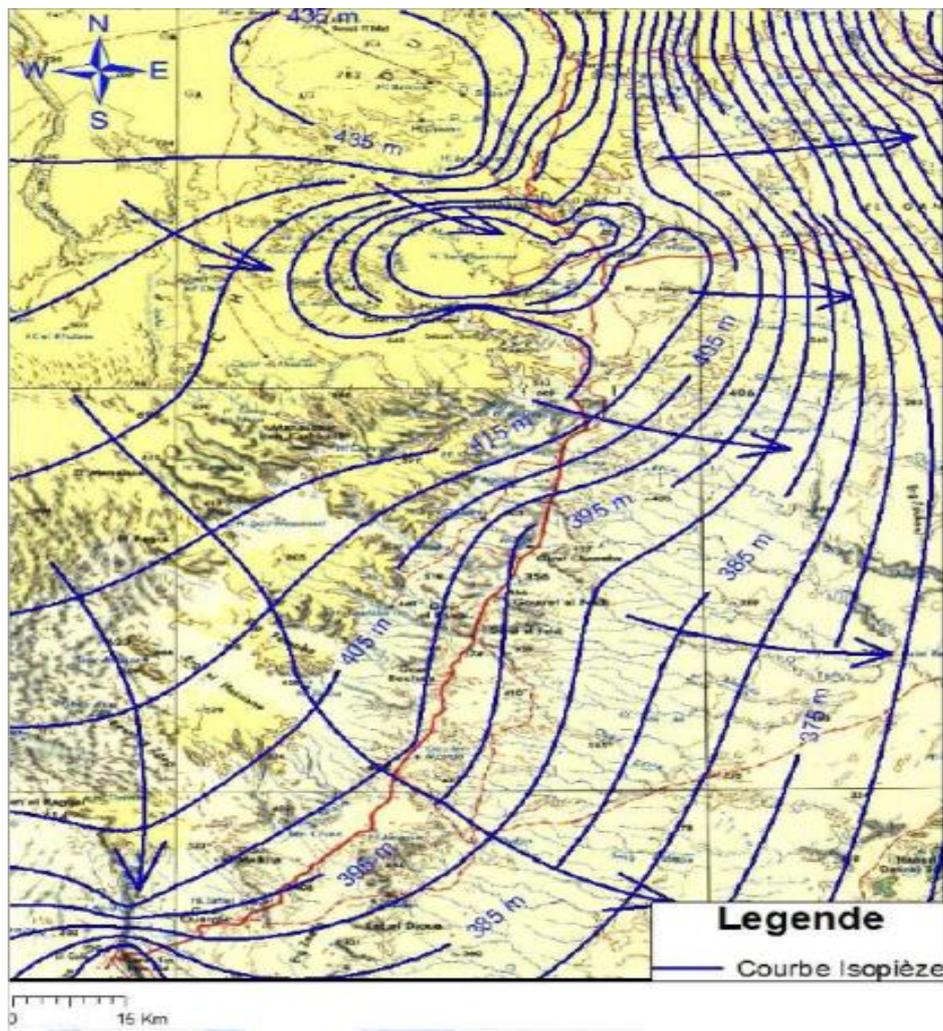


fig.1.14. carte piézométrique de la nappe CI dans la région du M'Zab (source ANRH)

Tableau1.5. formation géologique et perméabilité des aquifères

Formations		Perméabilité	intérêt hydrogéologique
Quaternaire alluvionnaire		Perméabilité d'interstice	Aquifere
Cénomano-Turonien		Perméabilité de fissure	Aquifere
Cénomanién		Imperméable	Substratum
Continental intercalaire	Albien	Perméabilité d'interstice	Aquifere
	Aptien		
	Barremien		

1.9. Agriculture

On distingue deux systèmes d'exploitation :

1.9.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie

Couvrant 3146 hectares, Le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantations irriguées par des rigoles traditionnelles (séguias).

On y trouve des cultures maraichères, arbres fruitiers et des palmiers dattiers...

(Fig.1.15) (DSA).

1.9.2 La mise en valeur

Le système de mise en valeur se scinde en :

Mise en valeur péri-oasienne : petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré, caractérisé par : irrigation localisée, densité optimale, alignement régulier, exploitation structurée, taille moyenne de 2 à 10 ha

Mise en valeur d'entreprise : c'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par : structures foncières importantes (jusqu'à 500 ha), mécanisation

plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et de vergers phoenicicoles et arboricoles (DSA).

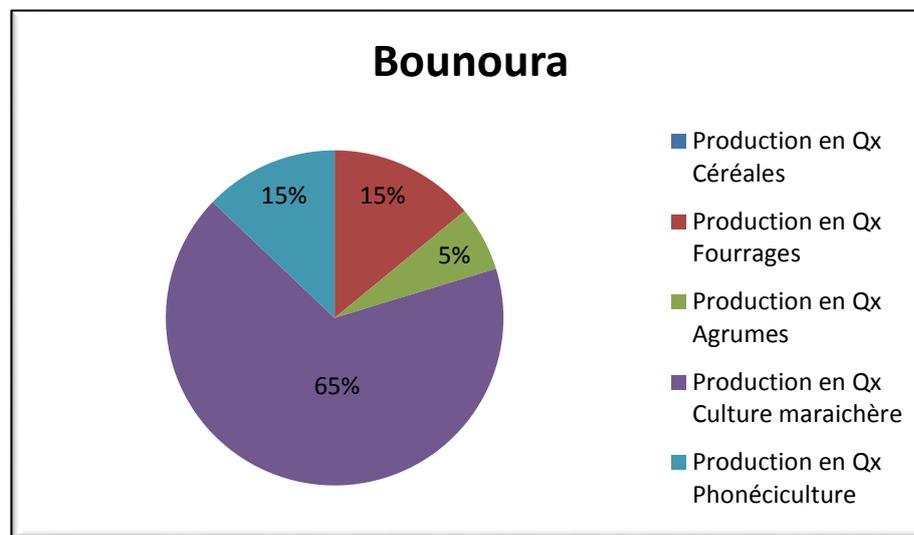


Fig.1.15. Les cultures pratiquées au niveau de Bounoura

CHAPITRE 2 Fonctionnements du système hydraulique traditionnel

La rareté des ressources en eau dans la région du m'Zab a obligé la population locale à capter chaque goutte d'eau et d'éviter tout gaspillage afin de propulser la production agricole qui était la seule alternative économique à l'époque pour ce territoire aride et isolé.

Les Mozabites ont fait preuve d'une grande intelligence dans le but de canaliser, capter, drainer et partager équitablement cette précieuse ressource et par la même se protéger contre d'éventuelles crues. Ils ont créé un système de partage ingénieux qui s'est perpétué de génération en génération.

Ainsi, nous pouvons subdiviser ce système en deux parties :

- ✓ une partie qui collecte et canalise les eaux de pluies orageuses vers le partage
- ✓ une partie qui partage les eaux collectées au niveau de la palmeraie.

Au niveau de la zone étudiée (Bounoura) le système hydraulique est composé de barrages ou petites diguettes, d'ouvrages de régulation et de distribution d'eau au niveau des jardins (les seguias).

2.1. Les Ahbess (barrages)

On peut distinguer deux types de barrages :

2.1.1. Barrages situés en amont

Ce sont des ouvrages de dérivation dont le rôle est de partager en plusieurs bras le flot de crue et de le diriger vers les séguias qui le conduisent aux jardins à irriguer.

Au niveau de Bounoura un barrage appelé AHBASS AJDID (Fig.2.1) a été réalisé en 2005, en amont de la palmeraie. Il s'allonge sur 110 mètres de longueur, avec une

épaisseur de 15mètres (Google Earth).Il dispose de deux vannes situées à 80 mètres d'intervalle. Le barrage a été réalisé pour servir d'obstacle aux flux provenant de l'oued m'Zab. Son rôle est de gérer l'écoulement des eaux vers les rives Est et Ouest de la palmeraie afin d'irriguer les jardins situés en amont d'une manière équitable.



Fig.2.1. barrage Ahbess Ajdid

Le barrage est doté de deux vannes coulissantes (Fig.2.2), actionnées manuellement à l'aide d'un système mécanique qui présente un volant rotatif relié à un arbre de vice Archimède qui fait soulever les grilles métalliques lors du remplissage de ce dernier pour alimenter les berges avec une quantité d'eau bien étudiée et suffisante en quantités pour les jardins à irriguer.



Fig.2.2. une vanne coulissante du barrage Ahbess Ajdid (coté Est)

Ce barrage a un autre rôle à jouer qui concerne à protéger la palmeraie des inondations destructives comme cela a été le cas en 2008. Cet obstacle s'est avéré d'une aide précieuse pour les habitants de la région et leurs cultures.

Avant l'existence du grand barrage (Ahbass Ajdid) la proportion d'eau qui était affectée aux jardins Est et Ouest n'était pas régularisée car le partage se faisait d'une manière inéquitable entre les deux rives.

2.1.2. Barrages situés en aval

Ce sont des ouvrages de retenue (diguettes) qui barrent le lit de la rivière pour bloquer l'eau et la forcer à s'étaler sur toute la surface des jardins contigus à l'oued et à s'infiltrer dans le sous-sol pour alimenter les puits (Tableau.2.1 et Fig.2.3).

L'eau qui n'est pas employée aux irrigations superficielles imbibe le sol et enrichit la nappe souterraine qui alimente les puits.



Fig.2.3.une diguette au niveau de la palmeraie de Bounoura

Tableau.2.1.les différents barrages de la palmeraie de Bounoura au niveau de l'oued AZOUIL et l'Oued M'Zab

Oued AZOUIL	Oued M'ZAB
Afrak Neterjuine	Ahbass
Dadi wasselmane	Ahbass Ajdid
Saleh	Nyoura Guine
Hamou An.Chabane	Mohamed Anyanouh
Tizerzaine	
Mahmi	
Tenouba	
kouzah	

2.2. Les ouvrages de distribution d'eau au niveau des jardins

2.2.1. El-koua : Orifice

Ce sont des ouvertures qui déversent l'eau à l'intérieur du jardin, et au niveau de chaque ouverture on trouve un ralentisseur qui diminue le débit de l'écoulement et laisse passer une grande quantité d'eau dans le jardin. Ces ouvertures sont dimensionnées en fonction de la surface du jardin à irriguer et le nombre de palmiers s'y trouvant (Fig.2.4).



Fig.2.4. El-Koua

2.2.2. Trop plein d'un jardin

Une fois l'irrigation de tous les jardins terminée, l'eau excédentaire est évacuée par le trop-plein (Fig.2.5). Cette eau sert à irriguer d'autres jardins (jardins étagés) ou bien poursuit son chemin jusqu'à rejoindre l'Oued M'Zab



Fig.2.5.les ouvertures du trop plein

2.2.3. Les canaux à ciel ouvert "SEGUIA"

Au niveau de l'Oasis de Bounoura on retrouve deux canaux à ciel ouvert , l'un situé à l'Est qu'on appelle « SEGUIA EL-CHERKIA » et l'autre situé à l'Ouest appelé « SEGUIA EL-GHERBIA », (Fig.2.6 et 2.7)

Ces derniers sont les artères principales du système d'irrigation et de partage des eaux. Lors des crues l'eau est acheminée par ces canaux permettant une répartition équitable de l'eau.



Fig.2.6.la seguia Cherkia



Fig.2.7.la seguia Guerbia

2.2.4. Les puits

On distingue deux types de puits au niveau de la palmeraie de Bounoura :

- ✓ Les Hassi traditionnels, utilisés généralement pour l'irrigation des petits jardins (Fig.2.8).
- ✓ Les puits de recharge qui sont alimentés lors des crues par injection directe (ces puits sont dotés d'embouchures en bas de la margelle qui permettent de faire rentrer l'eau de la crue d'une manière directe afin de réalimenter la nappe phréatique). (Fig.2.9).



Fig.2.8.photo d'un puits traditionnel



Fig.2.9.photo d'un puits de recharge

- ✓ Les forages réalisés par l'Etat qui puisent l'eau de la nappe albienne. Ils sont surtout utilisés pour la consommation des habitants (Tableau2.2 et Fig.2.10)

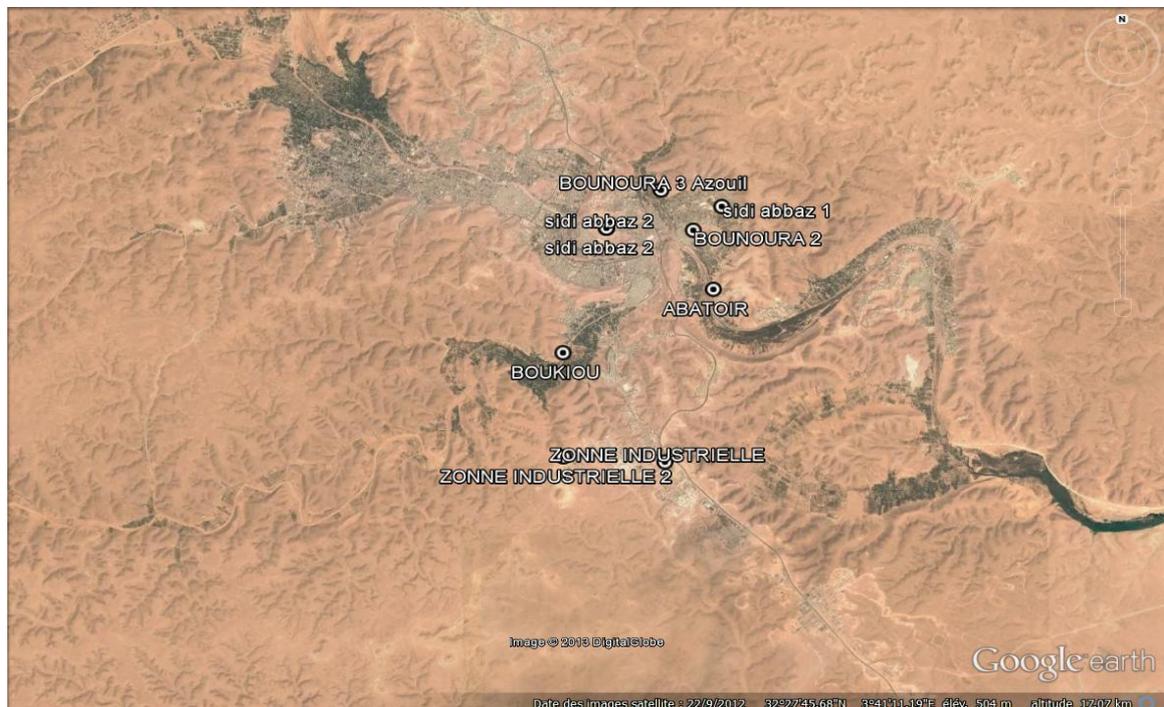


Fig.2.10.carte de forages au niveau de Bounoura (Google Earth)

Tableau 2.2. le nombre de forages et des puits traditionnels (ANRH)

Commune	Forages			Puits	
	Nbr	Fo-Pub	Super (ha)	Nbr	Super (ha)
<i>GHARDAIA</i>	11,00	/	<i>628,00</i>	<i>740</i>	<i>771</i>
<i>EL MENIA</i>	118,00	/	<i>4490,00</i>	<i>330</i>	<i>461</i>
<i>DH DAYET BENDAHOUA</i>	10,00	/	<i>660,00</i>	<i>645</i>	<i>750</i>
<i>BERRIANE</i>	12,00	/	<i>275,00</i>	<i>675</i>	<i>485</i>
<i>METLILI</i>	20,00	/	<i>990,00</i>	<i>1066</i>	<i>795</i>
<i>EL GUERRARA</i>	30,00	/	<i>3373,00</i>	<i>173</i>	<i>536</i>
<i>EL ATTEUF</i>	9,00	/	<i>695,00</i>	<i>288</i>	<i>233</i>
<i>ZELFANA</i>	17,00	/	<i>1161,00</i>	<i>0</i>	/
<i>SEBSEB</i>	11,00	/	<i>682,00</i>	<i>885</i>	<i>853</i>
<i>BOUNOURA</i>	5,00	/	<i>420,00</i>	<i>636</i>	<i>356</i>
<i>HASSI EL FEHAL</i>	35,00	/	<i>2111,00</i>	<i>18</i>	<i>165</i>
<i>HASSI GARA</i>	89,00	/	<i>2513,00</i>	<i>85</i>	<i>217</i>
<i>MANSOURAH</i>	14,00	/	<i>661,00</i>	<i>400</i>	<i>622</i>
<i>Total</i>	381,00		<i>18659</i>	<i>5941,00</i>	<i>6244</i>

2.3. Fonctionnement du système hydraulique lors des crues

2.3.1. Zone amont

Les flux d'eau arrivent de l'oued M'Zab et sont réparties entre les deux seguias par l'ouverture des deux vannes coulissantes du barrage Ahbes Ajdid, permettant l'irrigation des jardins d'une manière équitable via la rive Est et la rive Ouest (Fig.2.11).

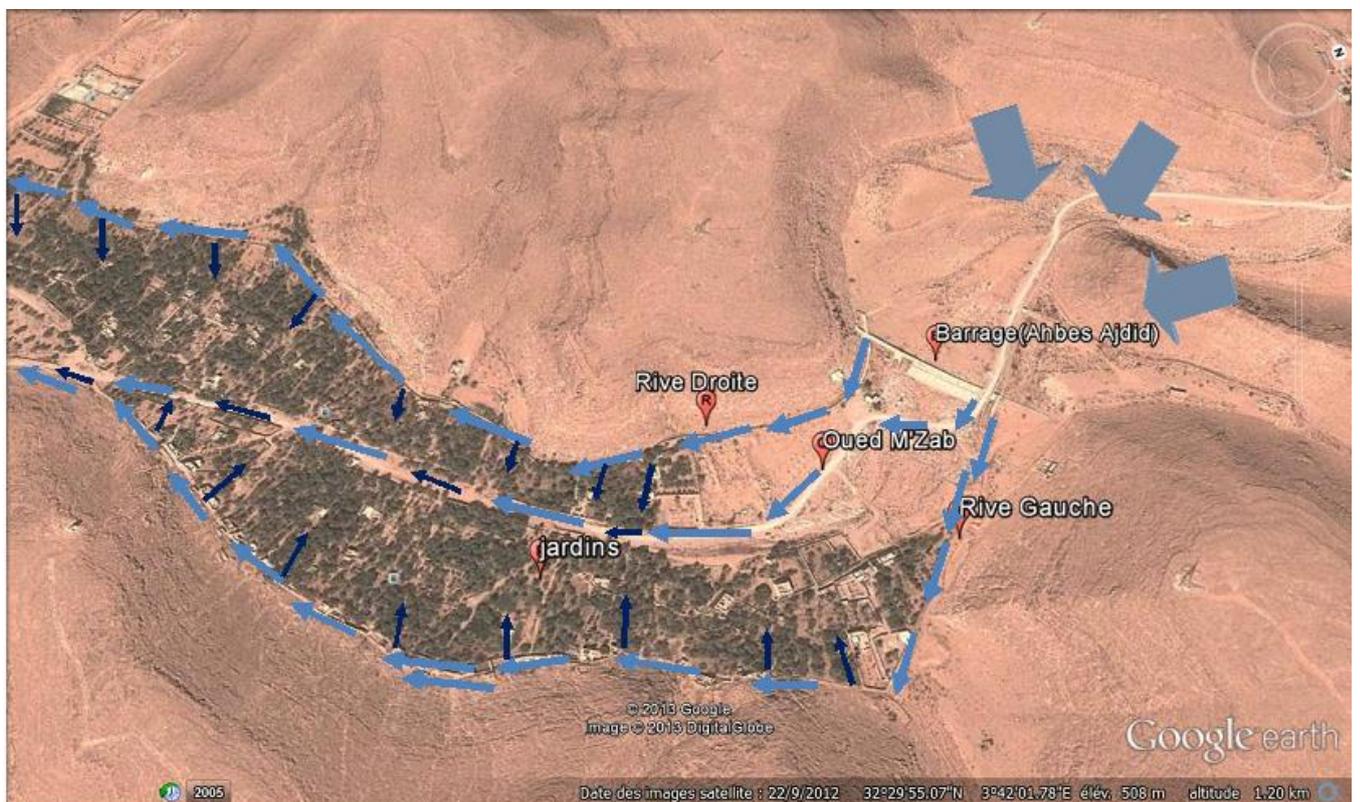


Fig.2.11. Fonctionnement du système hydraulique zone amont (Google earth)

2.3.2. Zone avale

Elle est caractérisée par une série de diguettes, qui bloquent l'eau des crues, lui permettant de s'étaler dans les jardins et en même de temps de recharger la nappe phréatique (Fig.2.12).



Fig.2.12.fonctionnement du système hydraulique zone avale (Google Earth)

CHAPITRE 3 Etat des lieux de l'environnement – recommandations et perspectives d'action

Il ressort de notre étude que la palmeraie de Bounoura est confrontée à une série de contraintes naturelles et anthropiques menaçant l'équilibre écologique et les ressources en eau de la région.

3.1. Contraintes naturelles

3.1.1. Le climat de la région est caractérisé par une faible pluviométrie (moyenne annuelle de 68mm), ainsi que des températures élevées dépassant les 45°C en Aout, favorisant une importante évapotranspiration (moyenne annuelle de 2000mm) et entraînant une pénurie quasi- permanente des eaux de surface. Ainsi, les besoins en eau de la palmeraie sont presque exclusivement puisés dans les nappes profondes contribuant à la baisse du niveau piézométrique de ces dernières.

3.1.2. La maladie du Bayoud ou Fusariose vasculaire du palmier dattier menace sérieusement l'avenir de la phoeniciculture dans la palmeraie de Bounoura. Ce véritable fléau occasionne des pertes de récolte considérables pouvant atteindre les 40% (DSA) des prévisions de production entraînant non seulement la perte d'un aliment de base pour la population locale mais aussi la perte d'une source de revenus indispensables à la vie quotidienne des fellahs. Elle a également réduit considérablement l'étendue des périmètres cultivés et a accéléré le processus de désertification (Fig.3.1 et 3.2)



Fig.3.1.Palmier atteint par la maladie du Bayoud



Fig.3.2.Palmier en phase terminale de la maladie du Bayoud

3.2. Contraintes anthropiques

3.2.1. Dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels

Les systèmes traditionnels d'irrigation et de gestion de l'eau de la palmeraie de Bounoura sont le témoignage de la capacité des hommes à composer avec les contraintes naturelles du milieu. Ils permettent aux flux d'eau de remplir la nappe phréatique, de déposer les fertilisants ramenés par les crues de l'oued et grâce aux canaux d'irrigation de drainer l'eau et de l'étaler de façon uniforme.

Le constat établi sur le terrain fait ressortir le manque d'entretien de ces ouvrages. Ainsi, la majorité des diguettes se trouvant le long du lit mineur de l'oued et traversant la palmeraie sont entièrement ou partiellement envasées (Fig.3.3 et 3.4). Ces diguettes servent de ralentisseurs et de voiries de drainage vers les jardins lors des crues grâce à leur inclinaison par rapport à la disposition de ces derniers et permettent également la recharge artificielle de la nappe phréatique.

Ce phénomène touche également les puits traditionnels, dits Hassi, utilisés comme source d'eau potable ainsi que pour l'irrigation et dont certains sont aujourd'hui dans un état de dégradation avancé et d'autres complètement ou partiellement remblayés.

Le remblaiement des hassi étant causé soit par l'érosion des parois causant un effondrement du sol à l'intérieur du puits ou par les solides en suspension charriés lors des crues (sable, limon, ...)(Fig.3.5).



Fig.3.3.diguette détruite au sein de la palmeraie



Fig.3.4.une diguette envasée



Fig.3.5.un puits traditionnel remblayé

3.2.2. Envasement du barrage Ahbas Ajdid

Le grand barrage Ahbas Ajdid construit en 2005 afin de ralentir les flux d'eaux provenant de l'Oued M'Zab lors des crues ainsi que pour le partage équitable des ressources en eau entre la Seguia cherkia et la Seguia gherbia, connaît un taux d'envasement important. Ceci est dû à une forte érosion des bassins versants de la région, favorisée par la nature des sols et l'absence de couverture végétale (Fig.3.6).

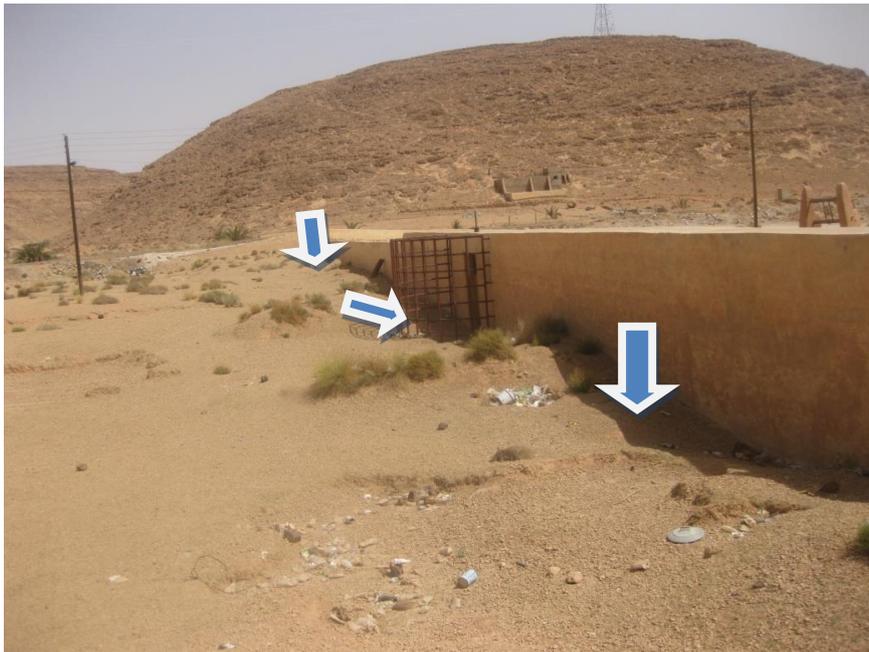


Fig.3.6.phénomène d'envasement du barrage Ahbess Ajdid

3.2.3. Problème des effluents domestiques

L'extension anarchique des habitations au sein de la palmeraie a eu comme conséquence une pollution par les eaux usées domestiques, vu que ces demeures ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement de la ville. Ces effluents domestiques provoquent des préjudices importants en engendrant des nuisances olfactives et en favorisant l'insalubrité et la dégradation des conditions sanitaires (Fig.3.7 et 3.8).



Fig.3.7. rejet d'eaux usées domestiques



Fig.3.8. pollution par les effluents domestiques

3.2.4. Manque d'entretien de la palmeraie

De grandes surfaces de la palmeraie connaissent un manque d'entretien : absence de voies d'accès, réseaux d'irrigation endommagés, présence de débris, ... (Fig.3.9 et 3.10)



Fig.3.9. Débris jonchant les abords de la palmeraie

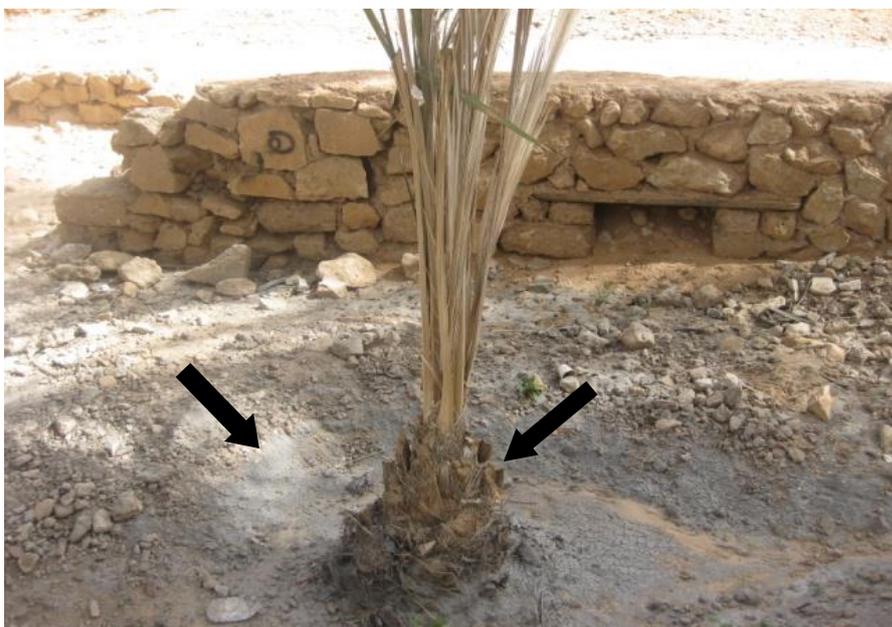


Fig.3.10. manque d'entretien de la palmeraie : du mortier asphyxiant la base d'un palmier

3.2.5. Contraintes sociales

Le manque d'opportunités de développement et d'activités génératrices de revenus dans la région a conduit à l'exode des forces vives notamment des jeunes vers les grandes agglomérations ou l'étranger à la recherche d'emplois plus lucratifs. Le faible niveau de développement dans de nombreux secteurs n'a pas permis la stabilisation de cette frange de population dont une partie devrait assurer la relève dans le domaine agricole.

L'accès à l'eau pour les agriculteurs est inégal favorisant une gestion anarchique et individuelle des ressources hydriques et entraînant des tensions sociales. En effet, si certains irrigants n'ont accès à l'eau que lors du tour d'eau, d'autres accèdent à l'eau par plusieurs autres moyens. La source secondaire d'eau peut être continue (puits illicites, branchement privé sur le réseau d'eau potable) ou temporaire (récupération de l'eau du drainage, vol d'eau,...).

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'ACTION

3.3. Revalorisation des ouvrages hydrauliques traditionnels

Ces systèmes souvent marginalisés doivent être restaurés et mis en valeur. Nous préconisons dans ce sens les mesures suivantes :

3.3.1. Les puits traditionnels

- . Restauration des puits détériorés avec des matériaux locaux afin de préserver le potentiel paysager local(Fig.3.11).
- . Programmation de créneaux de pompages pour chaque fellah afin d'éviter une baisse du niveau piézométrique de la nappe phréatique et limiter le phénomène du « banditisme » de l'eau.



Fig.3.11. puits traditionnel restauré avec des matériaux locaux

3.3.2. Les diguettes

La palmeraie de Bounoura compte 12 diguettes réparties sur l'oued Azouil et l'oued M'Zab, cependant la majorité d'entre elles sont complètement ou partiellement envasées voir même détruites.

Compte tenu de l'importance de ces ouvrages hydrauliques stratégiques nous proposons :

- . Des travaux de dévasement des diguettes après chaque crue ou de façon périodique.
- . La reconstruction des diguettes endommagées (Fig.3.12et 3.13).



Fig.3.12. reconstruction d'une diguette



Fig.3.13.Diguette renouvée

3.3.3. Le barrage Ahbess Ajdid

Le problème d'envasement du barrage Ahbess Ajdid étant lié à une érosion hydrique importante sur le bassin versant, des mesures antiérosives doivent être entreprises visant à maîtriser le ruissellement de l'eau à ce niveau. Les solutions techniques qui nous semble les mieux adaptées vu la nature du sol et les conditions climatiques sont :

- . la construction d'une série de diguettes qui permettront de stopper les éléments grossiers en augmentant la plage d'épandage (Fig.3.14).

- . la plantation de végétaux à fort enracinement. Ceci contribuera à ralentir l'écoulement de l'eau et laisser les sédiments se déposer en amont du barrage.

En plus des mesures préventives, il convient d'entreprendre une opération de dévasement avant la survenue d'une prochaine crue. On pourra faire appel à des engins adaptés au terrain et à la nature du sol tel que les pelles mécaniques hydrauliques à godet (Fig.3.15).

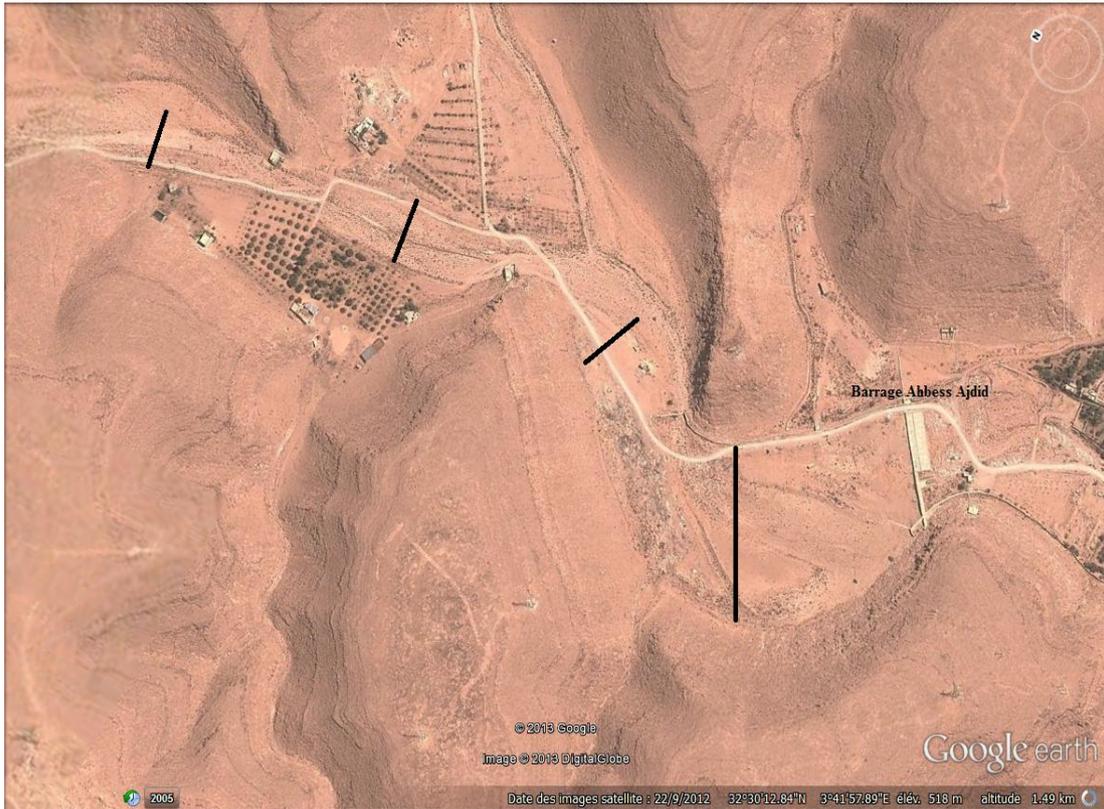


Fig.3.14.construction de diguettes en amont du barrage Ahbas Ajdid (Google Earth)



Fig.3.15. pelle mécanique hydraulique à godet

3.4. Traitement des effluents domestiques

La pollution de la palmeraie de Bounoura par les eaux usées nécessite une prise en charge urgente et adaptée. Nous recommandons dans ce sens, les solutions techniques suivantes (Fig.3.16 et.3.17) :

Assainissement individuel par l'installation de fosses toutes eaux dont l'exploitation est aisée avec un faible cout d'investissement.

Assainissement collectif à petite échelle faisant appel à des décanteurs-digesteurs (par traitement biologique). Ce procédé d'épuration nous semble le mieux adapté aux petites collectivités et dont le cout d'exploitation reste raisonnable.

En plus de ces mesures d'assainissement, nous proposons de faire valoriser les sous-produits issus de ce traitement. On pourra réutiliser l'eau traitée pour l'irrigation et les boues récupérées comme engrais (TEY J., 2005).



Fig.3.16.installation du système decanteur-digesteur

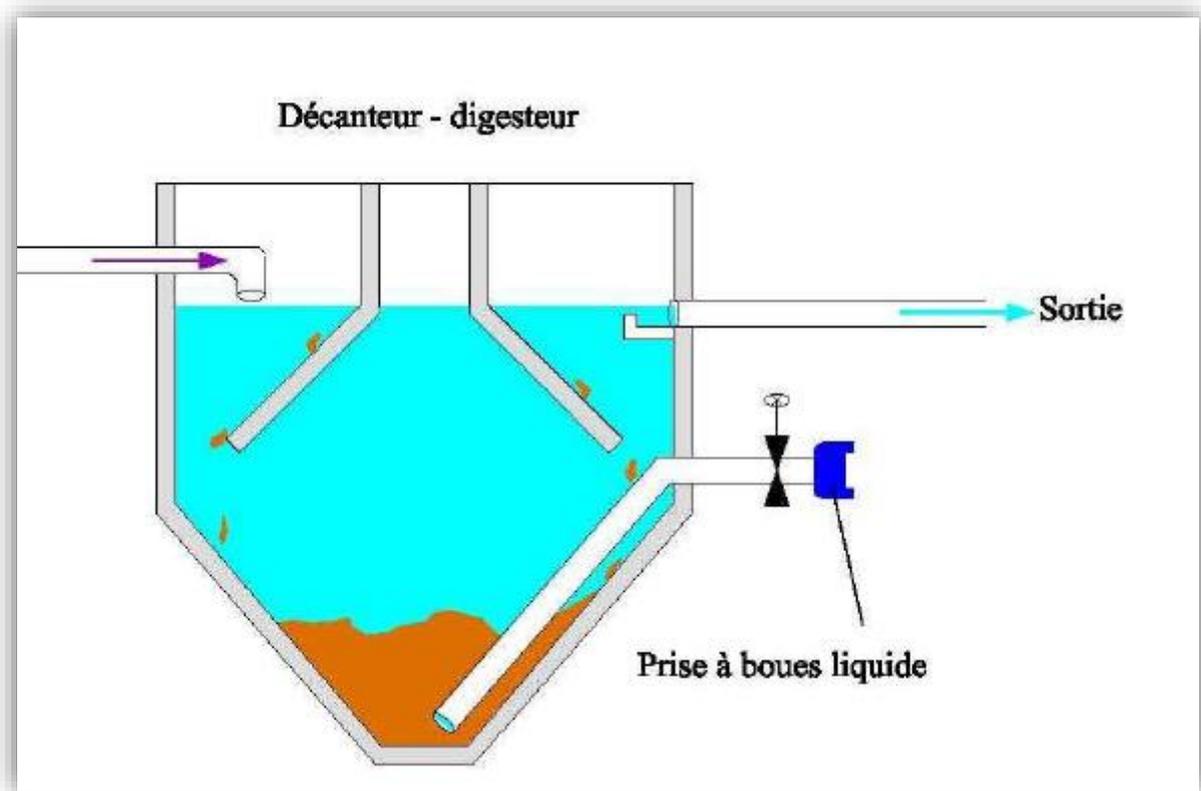


Fig.3.17.Décanteur-Digesteur

3.5. Préservation du patrimoine phoenicicole

La phoeniciculture constitue une ressource économique importante pour la région de Bounoura. Dans le cadre de la mise en valeur de cette richesse agricole nous proposons la série de mesures suivantes (Fig.3.18 et 3.19) :

. la réhabilitation des anciennes palmeraies par :

- la construction de nouveaux puits.

- la réfection des réseaux d'irrigation et de drainage.

- l'amélioration de l'accessibilité : ouverture de voies d'accès, réalisation de nouvelles pistes de désenclavement.

- le réaménagement des palmeraies :

.nettoyages réguliers.

.délimitation de grands périmètres agricoles avec électrification des forages.

. rajeunissement du patrimoine phoenicicole âgé (arrachage-plantation).

. L'extension des oasis par la création de nouvelles exploitations.

Quant à la maladie du Bayoud, nous préconisons de renforcer les moyens de lutte déjà mis en place contre ce fléau et faisant appel à des mesures :

- prophylactiques : protection des zones encore saines en évitant l'utilisation de matériel végétal contaminé (feuilles, rejets,...).

- curatives : si de nouveaux foyers de Bayoud sont détectés dans une zone saine l'éradication reste le meilleur moyen de lutte (délimitation du foyer infecté, arrachage et incinération sur place de l'arbre malade, stérilisation du sol et mise en quarantaine).



Fig.3.18. lutte contre le Bayoud : incinération sur place de l'arbre contaminé



Fig.3.19. arrachage et mise en quarantaine des palmiers infectés

3.6. Gestion durable de l'eau

Les perspectives du changement climatique (diminution des précipitations entre 4 à 20% d'ici 2020) et l'accroissement de la population font accentuer la compétition sur la ressource hydrique. D'où la nécessité d'une gestion globale de l'eau en incluant la notion de durabilité reposant sur une utilisation rationnelle et économe de l'eau.

Pour se faire, on pourra faire appel aux technologies nouvelles :

3.6.1. Utilisation des énergies renouvelables

Le Sahara algérien représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen. Cet atout peut être utilisé à bon escient dans le cadre du développement durable au niveau de la palmeraie de Bounoura. En effet, l'énergie solaire est une énergie propre non polluante pour l'environnement puisqu'aucun gaz à effet de serre n'est dégagé. Elle est disponible, inépuisable et demande peu d'entretien.

Elle peut être exploitée dans plusieurs domaines d'activité notamment dans l'agriculture à des fins d'irrigation en utilisant des pompes écologiques avec panneaux photovoltaïques en remplacement des motopompes avides d'énergie et beaucoup plus polluantes (Fig.3.20 et 3.21).

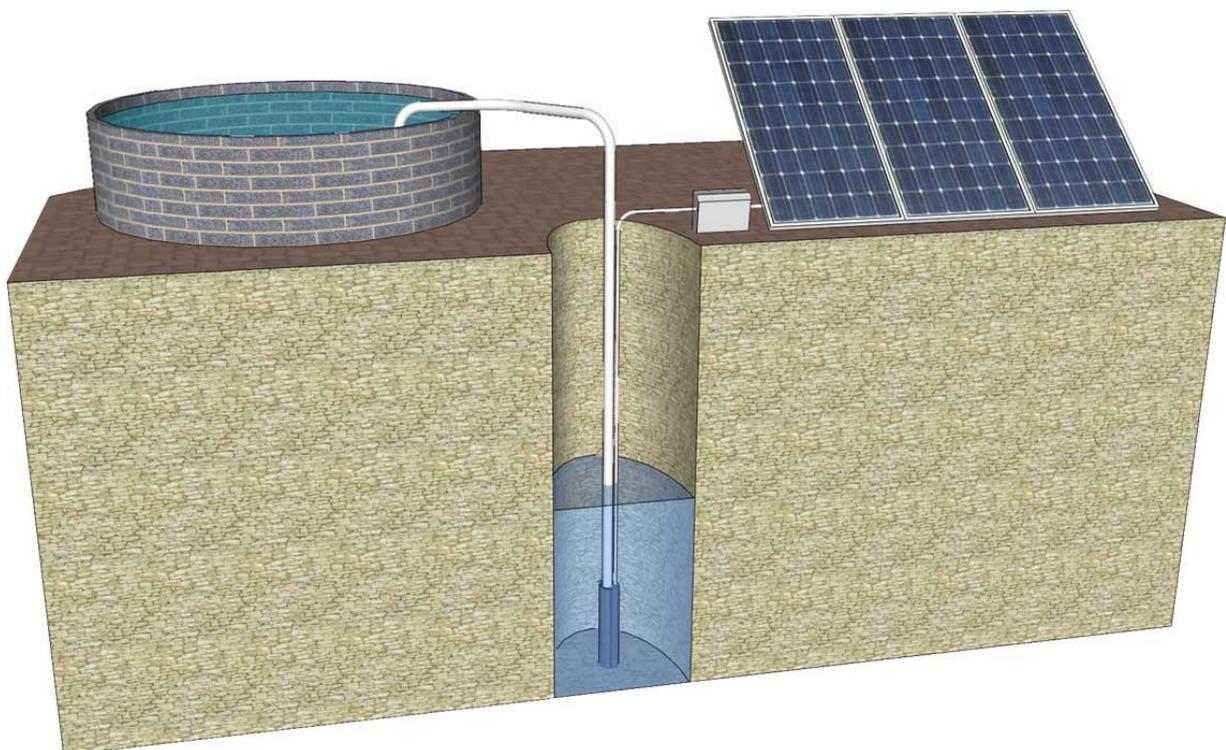


Fig.3.20.fonctionnement d'un pompage par énergie solaire



Fig.3.21. pompe écologique utilisant l'énergie solaire

3.6.2. Utilisation des systèmes modernes d'irrigation

Le développement des techniques d'irrigation moderne permet une utilisation optimale de l'eau de façon à renforcer durablement la production agricole.

Les techniques de micro-irrigation (irrigation au goutte-à-goutte)

C'est une application lente et localisé d'eau au niveau d'un point sur la surface du sol.

L'eau est amenée jusqu'aux orifices de gouttage par un assemblage de tuyaux en plastique (PVC). Des canalisations latérales sont également raccordées et posées sur le sol. Ces canalisations d'un diamètre de 10 à 25 mm sont perforées ou munies de goutteurs spéciaux. Chaque goutteur doit déverser l'eau goutte-à-goutte sur le sol à un débit prédéterminé allant de 1 à 10 l/h (Fig.3.22).

La fréquence et la durée de chaque irrigation sont contrôlées par une vanne actionnées manuellement ou par une série de valves automatiques programmables.



Fig.3.22.technique d'irrigation au goutte à goutte

Cette technique est particulièrement indiquée pour les sols sableux ayant une faible capacité de rétention d'eau et dans les climats arides où les pertes par évaporation sont élevées, ce qui est le cas de la zone étudiée. Ce type d'irrigation nous semble le plus approprié pour les cultures maraichères.

L'irrigation des palmiers, quant à elle, consiste à laisser couler l'eau à la surface, en veillant à ce que le débit ne soit pas supérieur à la capacité d'infiltration du sol, pour que toute l'eau pénètre dans la rhizosphère sans stagner ou s'écouler à la surface, cette méthode est dite irrigation de surface (Fig.3.23).



Fig.3.23. L'Irrigation de surface dans la palmeraie de Bounoura

CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'une part, d'établir un diagnostic de l'environnement au niveau de la palmeraie de Bounoura et de montrer la vulnérabilité de ce milieu face aux activités humaines et les conséquences qu'elles impliquent et d'autre part d'essayer d'apporter autant que possible des réponses environnementales adéquates afin de préserver ce site.

Pour se faire nous avons sollicité un certain nombre d'administrations (APC de Bounoura, DHW) et organismes étatiques (ADE, OPVM) afin de collecter les données nécessaires et en procédant à des visites sur terrain avec interview des principaux acteurs de la région (fellahs, notables du Ksar,...).

Il ressort de cette étude que la palmeraie de Bounoura est confrontée à une série de contraintes naturelles et humaines limitant le développement local et menaçant l'équilibre écologique. En plus d'un stress hydrique quasi-permanent, les ouvrages hydrauliques traditionnels sont dans un état de dégradation avancée du fait d'un manque d'entretien. L'exploitation irraisonnée et la mauvaise gestion des ressources hydriques mobilisées ont accentué les tensions pour l'accès à l'eau et entraîné une salinisation irréversible des sols. La pression anthropique à travers une démographie croissante et une extension de l'urbanisation a eu comme conséquences une saturation du site avec occupation de la palmeraie et des zones inondables (lit de l'oued), une pollution par les eaux usées (effluents domestiques). L'état phytosanitaire de la palmeraie reste préoccupant compte tenu du nombre important de palmiers contaminés par la maladie du Bayoud menaçant ainsi le patrimoine phoenicicole. Par ailleurs, le faible niveau de développement dans de nombreux secteurs de la vie active a engendré un exode de la population, notamment des jeunes, vers les villes ou l'étranger, privant la région d'une relève dans le domaine agricole en l'absence d'une main d'œuvre qualifiée.

Toutefois, la palmeraie de Bounoura ne manque pas d'atouts et de marges d'amélioration qu'il convient d'exploiter. Pour cela des solutions techniques ont été proposées dans cette étude s'inscrivant dans une perspective d'optimisation, de valorisation et de développement durable et qui nous l'espérons pourront servir comme éléments de base à un plan d'action global pour la sauvegarde de ce patrimoine millénaire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude.....	3
1.1. Aperçu historique sur la région d'étude	4
1.2. Présentation de Bounoura.....	4
1.3. Cadre géographique et administratif	6
1.3.1. Cadre géographique.....	6
1.3.2. Cadre Administratif.....	8
1.3.3. Les régions naturelles de la wilaya.....	9
1.4. Aspects climatique et hydrologique	10
1.4.1. Le climat.....	10
1.4.2. Température	10
1.4.3. Précipitations	12
1.4.4. Vents.....	13
1.4.5. Evaporation	14
1.5. Aspect hydrologique	14
1.6. Aspects géologiques	16
1.7. Géomorphologie.....	18
1.8. Hydrogéologie.....	21
1.8.1 Nappe phréatique.....	21
1.8.2. Piézométrie de la nappe phréatique.....	22
1.8.3. Nappe du continental intercalaire.....	24
1.8.4. Piézométrie de la nappe albienne (CI)	24
1.9. Agriculture	26
1.9.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie	26
1.9.2 La mise en valeur	26
CHAPITRE 2 Fonctionnements du système hydraulique traditionnel	28
2.1. Les Ahbess (barrages)	28
2.1.1. Barrages situés en amont.....	28
2.1.2. Barrages situés en aval	30
2.2. Les ouvrages de distribution d'eau au niveau des jardins	32
2.2.1. El-koua : Orifice.....	32
2.2.2. Trop plein d'un jardin	33
2.2.3. Les canaux à ciel ouvert "SEGUIA"	33
2.2.4. Les puits	35
2.3. Fonctionnement du système hydraulique lors des crues	38

2.3.1. Zone amont.....	38
2.3.2. Zone avale	39
CHAPITRE 3 Etat des lieux de l'environnement – recommandations et perspectives d'action	40
3.1. Contraintes naturelles	40
3.2. Contraintes anthropiques.....	42
3.2.1. Dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels.....	42
3.2.2. Envasement du barrage Ahbas Ajdid	44
3.2.3. Problème des effluents domestiques	44
3.2.4. Manque d'entretien de la palmeraie	46
3.2.5. Contraintes sociales.....	47
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'ACTION	48
3.3. Revalorisation des ouvrages hydrauliques traditionnels	48
3.3.1. Les puits traditionnels	48
3.3.2. Les diguettes.....	49
3.3.3. Le barrage Ahbess Ajdid.....	50
3.4. Traitement des effluents domestiques	52
3.5. Préservation du patrimoine phoenicicole	54
3.6. Gestion durable de l'eau.....	56
3.6.1. Utilisation des énergies renouvelables	56
3.6.2. Utilisation des systèmes modernes d'irrigation	58
CONCLUSION	60

CHAPITRE 1**PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE**

La vallée du M'Zab, est située en plein désert et couvre une superficie de 50 km². Elle est classée comme patrimoine national en 1971 et patrimoine de l'humanité par l'UNESCO depuis 1982.

La particularité de cet héritage humain, est qu'il est de nos jours habité par sa population d'origine qui a mis au point un système ingénieux de structuration et d'aménagement de son territoire d'établissement, réputé par son aridité et son isolement.

Le secret de cette réussite s'explique par l'esprit qui a animé ses bâtisseurs en étant parfaitement conforme à leurs idéaux sociologiques, politiques et religieux. Ceci a donné naissance à une civilisation à part entière qui a permis l'épanouissement de l'individu avec son environnement et son milieu naturel depuis déjà mille ans. Malgré l'inhospitalité des lieux et la rareté de l'eau, le génie mozabite a su extraire de ce milieu naturel stérile une multitude de richesses.

Ainsi, il a instauré une économie du territoire pointue, basée sur l'exploitation rationnelle de l'espace au bénéfice d'une vie communautaire prospère. Ceci, s'est traduit par :

- la mise au point d'un système ingénieux de captage, de stockage et de distribution des rares ressources hydriques
- de créations de vastes étendues de palmeraies avec une culture à trois étages.
- la construction d'un chapelet de ksour (cités fortifiées) d'une architecture avant-gardiste.
- la production d'un artisanat riche et varié couvrant les besoins de la vie quotidienne et développé au cours des siècles

La vallée du M'Zab compte, à cet effet, plusieurs palmeraies, dont celle de la Commune de Bounoura, notre zone d'étude. Destinée à l'habitat d'été et à la culture sous palmiers, la palmeraie est assise sur un sol alluvionnaire, qui constitue un espace

potentiellement inondable en cas de fortes crues et fait partie de l'espace dont les ressources en eau sont gérées par le système de partage des eaux.

1.1. Aperçu historique sur la région d'étude

Les Ibâdites furent les premiers bâtisseurs de la vallée du M'Zab où ils ont élu domicile après avoir choisi le chemin de l'exil à partir de la ville de Tahert, capitale de l'état Rostomide détruite en 909. Après un épisode d'errance, ils optèrent de s'installer définitivement dans la vallée du M'Zab, pourtant hostile à toute forme de vie et caractérisée par la forte aridité de son sol ainsi que la rareté de ses ressources en eau. Les Ibadhites ont entrepris l'urbanisation progressive de cette vallée en institutionnalisant la pratique culturelle, en inculquant aux populations de la vallée le sens de l'institution et sa primauté sur l'action tribale ou individuelle. Grâce à cette organisation hors paire, les mozabites ont réussi à asseoir les fondements d'une nouvelle vie distinguée par une urbanisation perfectionniste, qui a abouti à la mise en valeur de ces contrées réfractaires à toute implantation durable et en donnant naissance à cinq magnifiques cités dotées chacune de sa palmeraie. Ces villes furent construites successivement selon le même schéma structurel durant la période allant de 1012 à 1355 le long du lit d'Oued M'Zab (GUEMARI., 2008) :

- El Atteuf (Tadjinite) dont le nom signifie "Le tournant" fut fondée en 1012
- Ghardaïa (Taghardeit) fondée en 1048
- Bounoura (Atbounour) dont le nom signifie "La lumineuse" fut fondée en 1046
- Béni Isguen (Atisgène) dont le nom signifie "Les fils de ceux qui détiennent la foi", fut fondée en 1347
- Melika (Atemlichet) dont le nom signifie "La Reine" fut fondée en 1355

1.2. Présentation de Bounoura

Bounoura (La lumineuse) fondée en 1046, est une commune de la wilaya de Ghardaïa, située à 2 km à l'Est du chef-lieu. Elle compte 36767 habitants (recensement 2010).

Le Ksar est bâti sur une colline isolée et se présente en deux parties (fig.1.1 et fig. 1.2) La partie haute, Agharm n'Oudjenna a été désertée au XVIIIème siècle et seules les vestiges des habitations et la mosquée qui a été restaurée en 1983 et 2001 témoignent encore de cette époque. La partie basse, Agharm n'Ouaddaï, extension du Ksar, est encore jusqu'à présent habitée.

Le Ksar tire sa spécificité de son front qui est constitué de maisons remparts construites sur un rocher de plusieurs mètres de hauteur longeant l'oued M'Zab.

Il compte trois palmeraies, Azouil, Lebduaat et Tannouma, il est aussi réputé pour son artisanat traditionnel notamment le Châle de Bounoura (GUEMARI., 2008) :



Fig.1.1. Une vue aérienne du Ksar de Bounoura (Google Earth)



Fig.1.2. Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

1.3. Cadre géographique et administratif

1.3.1. Cadre géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara algérien. Elle est issue du dernier découpage administratif

Elle est limitée (fig.1.3 et 1.4):

- Au nord par la Wilaya de Laghouat ;
- Au nord Est par la Wilaya de Djelfa ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset ;
- Au Sud-ouest par la Wilaya d'Adrar ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh ;

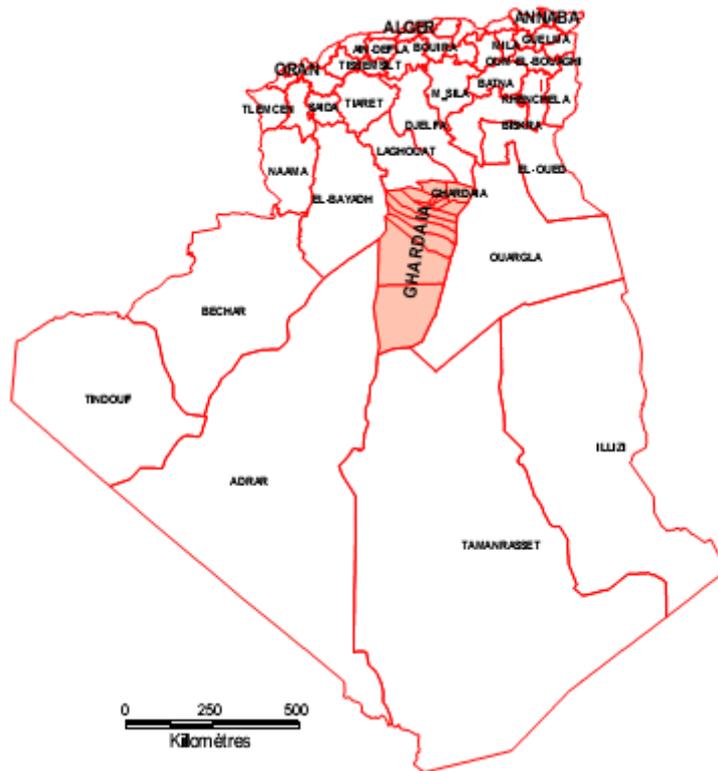


Fig.1.3. Vue générale du ksar de Bounoura (Google Image)

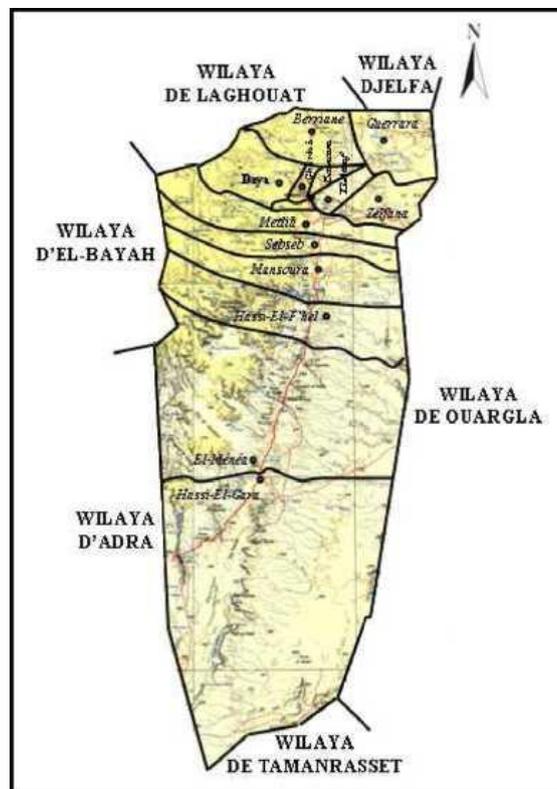


Fig1.4 carte représentant les limites administratives

La vallée du M'Zab est située dans la wilaya de Ghardaïa. Elle se situe à 600 Km au sud de la capitale Alger, sur une altitude moyenne de 600 m environ, une longitude de 3°.45 est, une latitude de 32°.50 nord. Elle mesure 20 Km de long sur une moyenne de 2,5 Km de largeur. Elle couvre une superficie de 50 Km², et est située dans l'enceinte du bassin versant d'une superficie de 5000Km² traversée par quatre oueds qui drainent les plateaux des dayas et la dorsale du mozabite. Son exutoire naturel est la Sebkhia Sefioune près d'Ouargla.

1.3.2. Cadre Administratif

La wilaya de Ghardaïa s'étale sur une superficie de 86105km² avec nombre d'habitant estimés à 405015.

Elle comporte 13 communes réparties sur 9 daïra et ce Suite au découpage administratif du territoire effectué en 1984(tableau.1.1et fig1.5).

Tableau.1.1. Daïra et communes de la wilaya de Ghardaïa

N°	Daïra	Communes
1	Ghardaïa	Ghardaïa
2	El meniaa	El meniaa- hassi gara
3	Metlili	Metlili-sebseb
4	Berriane	Berriane
5	Daia Ben Dahoua	Daia ben dahoua
6	Mansoura	Mansourea-hassi fhal
7	Zelfana	Zelfana
8	Guerrara	El guerrara
9	Bounoura	Bounoura-el atteuf

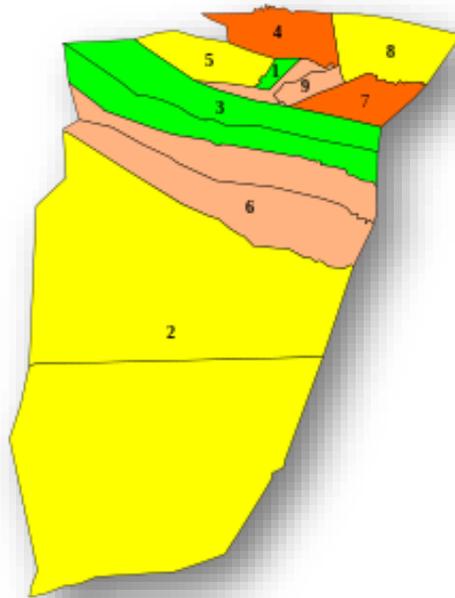


Figure 1.5. carte représentant les daïra de la wilaya de Ghardaïa

1.3.3. Les régions naturelles de la wilaya

Les régions naturelles, de la wilaya sont (figure.1.6) :

Les plaines de la dalle Hamadienne ; cuirasse calcaire avec, en surface un cailloutis anguleux ;

Les régions ensablées ; partie du grand erg occidental avec des cordons dunaires particulièrement denses et élevés ;

La Chebka ; dorsale centrale à dominance calcaire en corniches continues de direction nord – sud (DJOUDI., RAFA., 2009).

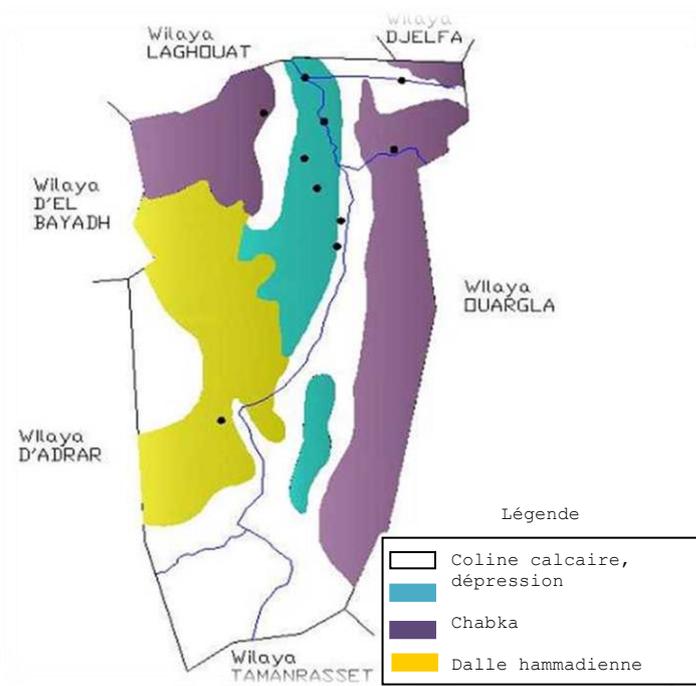


Fig.1.6. carte représentant Les régions naturelles de la wilaya

1.4. Aspects climatique et hydrologique

1.4.1. Le climat

Il est de type saharien, il se distingue par de grandes amplitudes entre les températures du jour et de nuit, d'été et d'hiver (ANRH).

Il se caractérise par deux saisons :

Une saison sèche et chaude (d'avril à septembre)

Et une autre tempérée (d'octobre à mai)

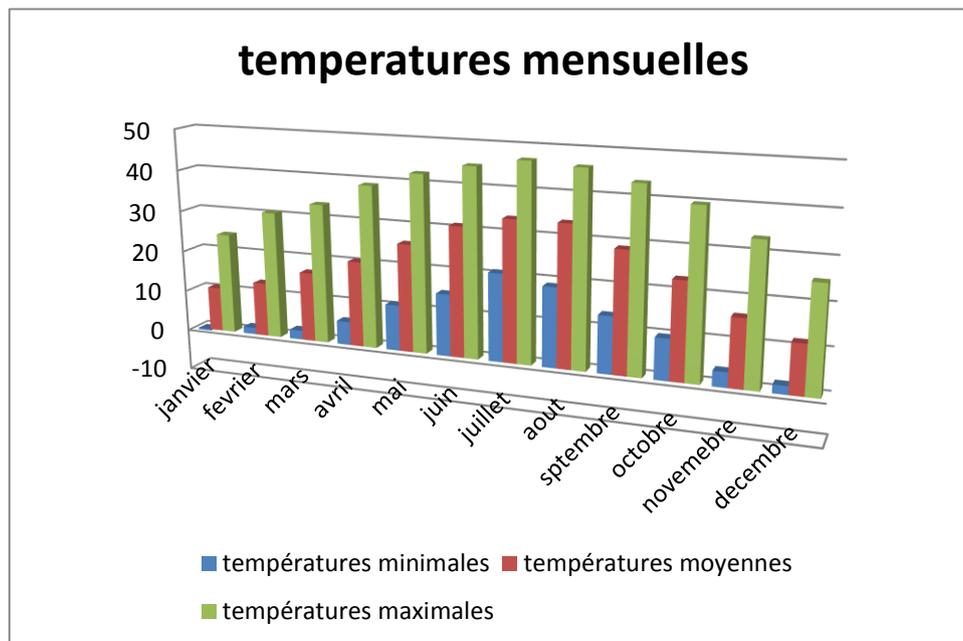
1.4.2. Température

L'analyse des observations statiques enregistrées au niveau de la wilaya de Ghardaïa sur une période de 10 ans a fait ressortir que la température moyenne annuelle est de 22.4°C.

On distingue deux périodes climatiques dans la région du m'Zab, une froide allant du mois de décembre jusqu'au mois de février avec des températures de 0 à 4°C et une autre chaude allant du mois de juin jusqu'au mois d'août avec des pics atteignant les 47°C (Tableau.1.2 et Figure.1.7),(ANRH).

Tableau.1.2. Température mensuelle (Période : 2000-2009) (ONM Ghardaïa, 2011).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
T _{Min} (°C)	5,48	7,94	11,35	14,64	19,33	25,39	27,93	27,1	23,09	17,95	10,69	7,15

**Figure.1.7. les températures mensuelles**

1.4.3. Précipitations

D'après les données statistiques de l'ONM sur une période de 40ans, la pluviométrie dans la région est très faible.

La moyenne annuelle est de 68.4mm

Le nombre de jours de pluies ne dépasse pas les 11 jours, entre le mois de janvier et Mars (Tableau1.3et Fig.1.8), (ANRH).

Tableau1.3.Précipitations mensuelles (ONM Ghardaïa, 2011).

Période (2000-2009)	Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
	P (mm)	12,1	1,93	7,47	8,38	1,43	1,24	2,2	9,68	23,1	11,09	5,12	7

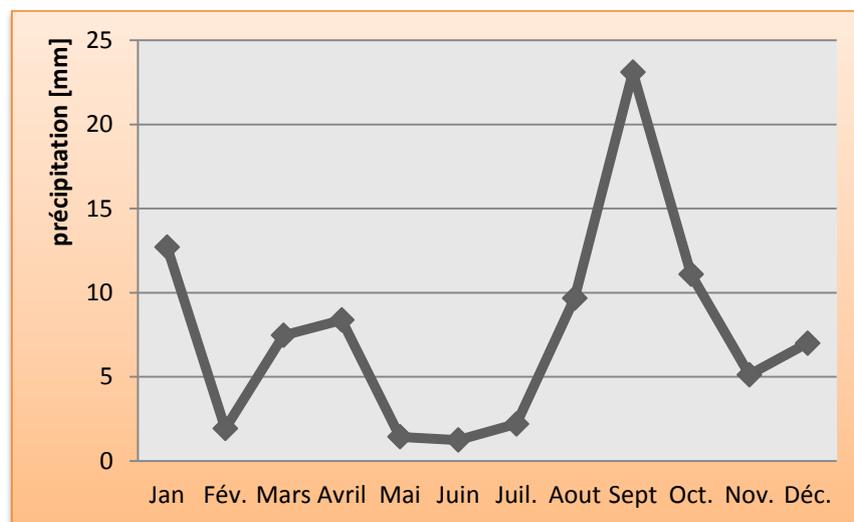


Fig.1.8. Précipitations mensuelles de la wilaya de Ghardaïa

1.4.4. Vents

La vallée du M'Zab est caractérisé par des vents très chauds dans la période estivale tandis qu'en hiver ils sont froids et humides

A noter aussi que la région est touchée par le sirocco d'une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant une période qui s'étend du mois de mai à septembre (Tableau 1.4 et Fig. 1.9), (ANRH).

Tableau 1.4. Vitesse moyenne mensuelle sur une période d'observation (1998/2007)

Mois	janv.	Fév.	mars	avar	mai	juin	juillet	aout	sep	octob	nov	dec
Vitesse du vent moyen mensuel (m/s)	3,41	3,72	3,68	4,06	4,22	3,72	3,45	3,25	3,50	3,01	3,15	3,39

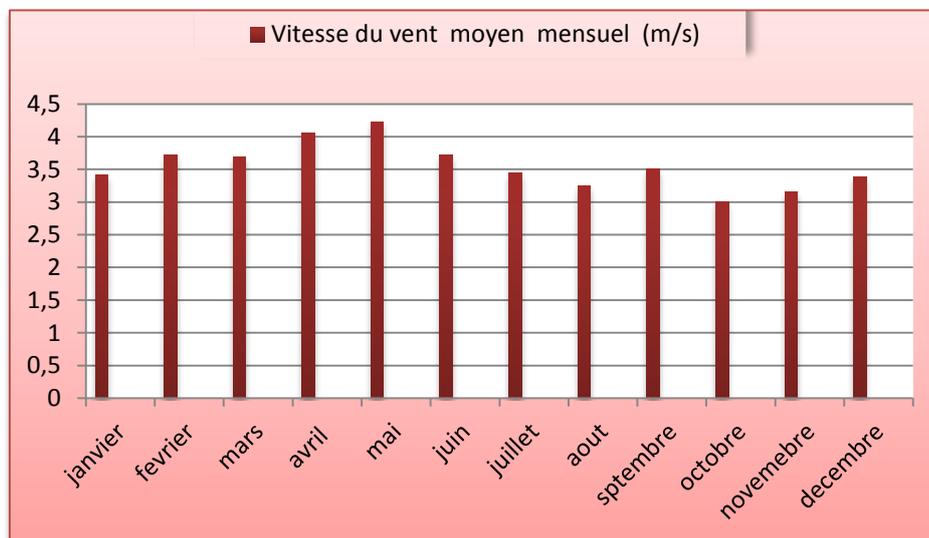
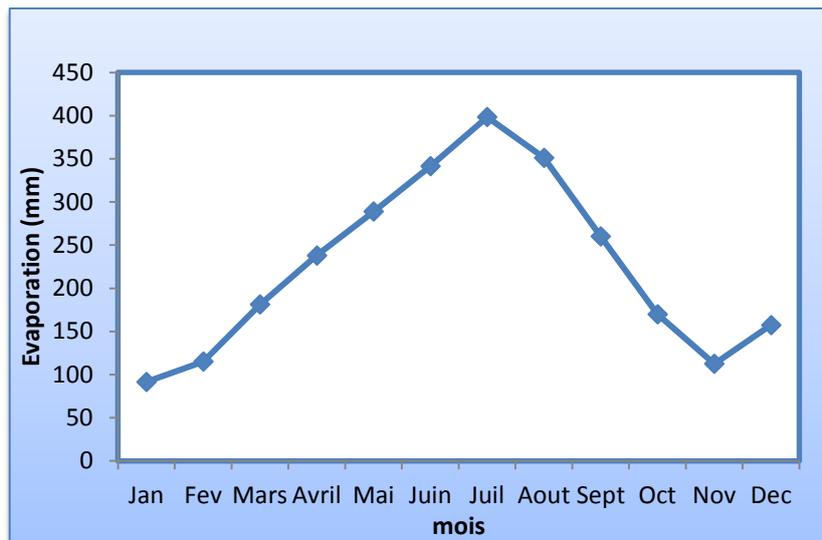


Fig. 1.9. graphe représentant la vitesse moyenne mensuelle du vent

1.4.5. Evaporation

Vu les températures très élevée qui touchent la région de Ghardaïa, le taux d'évaporation est en moyenne de 2000mm/an, ce dernier est aussi influencé par les vents et les précipitations (Fig.1.10), (ANRH).



*Fig.1.10. Evaporation moyennes mensuelles (Période : 2000-2009)
(ONM Ghardaïa, 2011).*

1.5. Aspect hydrologique

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (Fig.1.11), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux.

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab, et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

Le bassin versant de l'oued M'Zab fait partie du Bassin Saharien Septentrional. Il prend naissance au piedmont de l'Atlas Saharien à plus de 750m d'altitude et déverse à son exutoire après 320 km à Sebkhia Safione au nord de la ville d'Ouargla à une altitude de 107 mètres.

Le sous bassin versant qui traverse la vallée du M'Zab est limitée en amont par la commune de Daïa Ben Dahoua et en aval par la commune d'El -Atteuf en passant par les deux communes de Ghardaïa et Bounoura.

L'oued M'Zab présente une direction générale Est-ouest, il draine en amont les deux Oueds Labiod et Laadira qui se confluent à 8 km au nord-ouest de la ville de Ghardaïa. D'autres affluents plus ou moins importants rejoignent l'oued, citons :

- Sur la rive droite, les deux oueds Touzouz et Aridène qui le rejoignent en amont de la Palmeraie de Ghardaïa.
- Plus en aval, on rencontre, à droite, au niveau de Beni Isguen, l'oued

N'tissa qui traverse la palmeraie de cette ville.

- A gauche et à quelques centaines de mètres en aval du précédent, on trouve l'oued Azouil dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura.

En outre, l'oued M'Zab reçoit d'autres venues de faible importance appelées "chaabah", tel qu'Akhelkhal, Belghanem sur la rive droite, et celles d'Inirèz, Baba Ouldjama sur la rive gauche (Achour M., 2010).

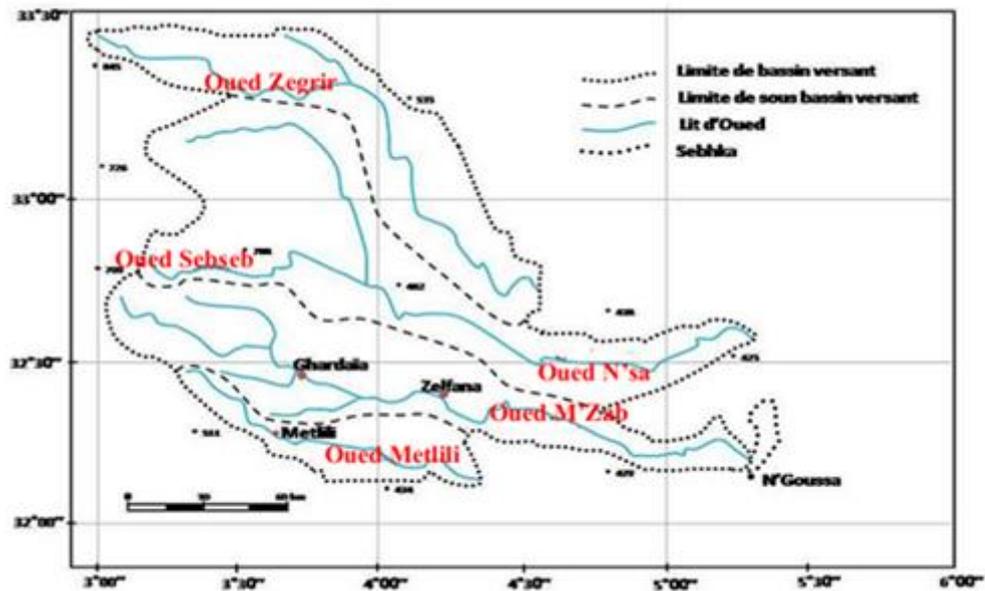


Fig.1.11.bassin versant des oueds de la région du M'Zab

1.6. Aspects géologiques

Le Mzab est un plateau rocheux qui date du crétacé supérieur. Son altitude varie entre 300 et 800 mètres et se présente sous la forme d'une vaste étendue pierreuse et de roches brunes et noirâtres. Ses terrains sont calcaires avec des structures plus ou moins horizontales.

Les principaux affluents sont en grande partie attribués aux crétacés supérieurs.

Les plus répandus sont :

Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-Ouest attribués au Cénomaniens.

Majoritairement couvert par les dunes du grand erg occidental.

Calcaires massifs durs, blanc grisâtre au Centre, attribués au Turonien.

Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.

Sables rougeâtre consolidés à l'Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.

Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds d'argile (DJOUDI., RAFA., 2009).

Le Barrémien : caractérisé par des formations détritiques du Crétacé inférieur sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles avec des intercalations carbonatées peu nombreuses.

L'Aptien : renferme 30m en moyen de dolomies avec d'intercalation d'anhydrite et d'argile, c'est un bon repère lithologique pour les sondages.

L'Albien : est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300m.

Le Cénomaniens : environ 260m d'épaisseur, caractérisé par des argiles sableuses à la base, d'une série gypso-argileux au milieu et d'une trentaine de mètres à dominance carbonatée vers le sommet.

Le Turonien : essentiellement carbonaté, il est constitué de calcaire dolomitique massif et marne jaune à la base et de calcaire grisâtre à blanc au sommet.

Le Sénonien : représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et de calcaire dolomitique au sommet.

L'Eocène : d'une épaisseur de 26m au nord de Hassi R'mel, caractérisé par des calcaires blancs à silex.

Quaternaire alluvionnaire : constitué de sables et des alluvions, son épaisseur peut arriver jusqu'à 45m

1.7. Géomorphologie

Le plateau du M' Zab, forme un relief monoclinale orienté NNE et plongeant vers le ESE, composé par deux terrasses calcaires étagées et superposées couronnant deux séries d'escarpements marneux .Il compte une falaise inférieure et son plateau et une deuxième falaise supérieure et son plateau.

La région de Ghardaïa fait partie intégrante de la Chebka du M'Zab caractérisée géomorphologiquement par un vaste et épais plateau, composé de terrains essentiellement carbonatés. Ce massif est élevé de plusieurs mètres d'altitude dans le Nord-ouest, aride et dépouillé de toute végétation et il est littéralement taillé par d'innombrables ravins plus ou moins profonds, lesquels se joignent et s'enchevêtrent en dessinant des réseaux réticulés qui donnent par une vue aérienne une apparence d'un filet dont l'appellation « Chebka » en arabe. La Chebka se situe entre les deux parallèles 31° et 33° et les deux longitudes 3° et 4°. Elle correspond à un ensemble orographique globalement homogène (ANRH).

La falaise inférieure et son plateau

Le premier plateau (plateau inférieur) atteint 700 m d'altitude. En allant vers l'ouest à partir des collines qui surplombent la ville de Ghardaïa, ce plateau est interrompu par une falaise orientée NS prenant naissance de Bled El Louha au 32°35N, prolongé au sud sur environ 60 Km de longueur suivant le méridien 3°E.

Une hamada plane et uniforme disposée en bandes étroites Nord-Sud avec une largeur irrégulière.

A l'Est, la surface ravinée montre les calcaires fissurés du plateau inférieur échancrée par une multitude de ravins qui découpent à angle droit le plateau horizontal suivant les diaclases et font ressortir entre les berges opposées des mehausseurs dont les plateformes supérieures sont sur le même plan que le plateau environnant.

Cette zone accidentée, limitée à l'Est par la petite hamada et marque le début d'une Chebka compliquée affecte dans la région de Ghardaïa l'ensemble du plateau inférieur (la Chebka Occidentale) puis une partie du plateau supérieur (Chebka Orientale).

Le premier versant cataclinal est le lieu de naissance de la plupart des grands Oueds septentrionaux qui entaillent le massif du M' Zab. De l'oued Touil au 32°N en allant vers le Sud, la falaise inférieure et la bande hamadienne s'interrompent par la Chebka des grands oueds méridionaux (ANRH).

Falaise supérieure et son plateau

La falaise supérieure se trouve à une altitude de 40m du plateau inférieur. Elle forme un front de gour continu à l'Est de l'axe Berriane- Ghardaïa- Metlili et présente une ligne de relief sinueuse orientée NNE. Vers l'Ouest, le plateau supérieur, érodé, représenté par quelques gour clairsemés et plus à l'ouest jusqu'à environ 3°30'E des témoins isolés avancent loin sur le plateau inférieur.

Des rivières subséquentes irrégulières courtes et séparées les unes des autres le long du deuxième escarpement dans le nord du M' Zab et finissent par joindre les grands oueds. Citons l'exemple de l'oued El Haimieur au nord de la ville de Ghardaïa, ou celui de l'oued Azouil au nord de Bounoura lequel longe également des blocs de l'étage supérieur et recouvre des ruisseaux obséquents à travers sa falaise.

Dans la région de Hassi El Fahel, au sud, la falaise supérieure est plus épaisse, Moins déchiquetée qu'au Nord, marquée par le passage des oueds méridionaux. Le plateau supérieur à l'Est du deuxième escarpement, constitue un deuxième versant cataclinal, sur lequel se développe la Chebka orientale. Ce versant incliné crée des ruisseaux conséquents coulant vers le SE.

Sur le plateau supérieur, en poursuivant notre cheminement dans le sens de la pente, jusqu'à la zone du changement de la forme du réseau hydrographique, une série de canaux longs et parallèles prennent naissance par les nombreux affluents provenant de l'ouest et convergent en divers points séparés par de larges plaines appelées chacune « Guentra ».

Les grands oueds : «Oued N'ssa, oued M' Zab, oued Metlili...etc.» serpentent à travers d'étroits canaux et continuent leur descente vers le SE et finissent en dépressions fermées près de la cuvette d'oued Mya. La Chebka orientale cesse dans cette zone, de même que le plateau calcaire qui la supporte, en passant, par une vaste hamada d'atterrissement qu'est la région des Guentras. Ce changement a lieu dans le Nord à partir du 4°15'E, et au Sud dès le 3°35'E, et cela parallèlement au déplacement continu de la ligne d'escarpement supérieure vers le SW (ANRH).

Fissuration et Karstification

Les karsts

Il existe deux grands karsts dans la région : environs de Bounoura avec la grotte de « figher » et celle de « louss ». Elles sont creusées dans les roches profondes du plateau inférieur.

Ces grottes souterraines s'étendent sur quelques centaines de mètres de longueur

Leur étage supérieur est situé à plus de 10m de profondeur.

À environs 60 km au SE de Mansoura, un aven de 15 m d'ouverture et 100 m de profondeur (dans la région de Sahb el Bir) considéré comme un grand karst, figure comme un grand trou noir au milieu de la hamada.

Les petits karsts prennent diverses formes et sont nombreux dans la région (ANRH).

La fissuration

Les cassures verticales ou perpendiculaires à la stratification constituent l'essentiel

Des fissurations observées dans la région de Ghardaïa.

Des diaclases taillent la falaise verticale de 6m sur laquelle repose la ville de Bounoura. Une fracture orientée 110° N, de longueur d'environ 250 m, forme une large cavité naturelle à Beni isguen .Elle capte et emmagasine les eaux ruisselantes des pluies et sert de citerne aux villageois (ANRH).

1.8. Hydrogéologie

Comme toute région saharienne les eaux souterraines sont la principale ressource hydrique de la wilaya de Ghardaïa.

Selon la profondeur on peut distinguer deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'inféro-flux et la nappe profonde du continental intercalaire dite albienne (ANRH).

1.8.1 Nappe phréatique

La localisation des nappes phréatiques de la région du M'Zab se trouve dans les alluvions des vallées des oueds de la willaya de Ghardaïa.

Le comportement hydrologique est lié à la pluviométrie et aux crues qui représentent la source d'alimentation. Les eaux de ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels appelés ' HASSI', qui sont essentiellement destinés à l'irrigation. Leur profondeur varie entre 20 et 30 mètres.

Concernant la qualité chimique, les eaux de cette nappe sont bonnes pour la consommation en amont et impropres en aval (contamination par les eaux urbaines).

La nappe phréatique du M'Zab fait face à deux problèmes majeurs :

L'alimentation faible et irrégulière.

L'évaporation intense.

La recharge de la nappe phréatique se fait au niveau des alluvions poreux par les précipitations torrentielles et les apports d'irrigation par l'albien ainsi que par le biais des fissures de calcaires.

La nappe phréatique, vu sa grande perméabilité et sa faible profondeur, court un grand risque de pollution plus particulièrement au niveau des lits des oueds.

Au niveau de la région du m' Zab, la nappe phréatique comprend deux aquifères superficiels, l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré (tableau.1.5) (ANRH).

L'aquifère alluvionnaire quaternaire

Il est constitué essentiellement d'alluvions avec du sable fin et grossier et des poudingues, lui donnant une porosité et une perméabilité interstitielles qui favorisent l'infiltration des eaux et l'écoulement souterrain. Ce remplissage du lit des oueds repose en général sur la barre carbonatée cénomano-turonienne avant d'atteindre les argiles. Son épaisseur varie de 25 à 45m (ANRH).

L'aquifère cénomano-turonien

Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100m. Grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire (ANRH).

1.8.2. Piézométrie de la nappe phréatique

Une campagne de mesure piézométrique a été effectuée en juin 2000 par l'ANRH sur 107 points d'eau (puits) tout au long de la vallée à partir de la région de Bouchène qui constitue la zone de confluence de l'oued Touzouz avec l'oued M'Zab jusqu'en aval de la vallée d'El-Atteuf (Aouleouele). La carte piézométrique ci-dessous a été réalisée à l'aide du logiciel Surfer sur une photo aérienne de Google Earth (fig.1.12 et 1.13).

On constate que les eaux souterraines de la nappe phréatique s'écoulent suivant un sens d'écoulement du nord-ouest de la vallée en amont avec une isopièze de 490m vers le sud-est en aval (435m) en suivant l'inclinaison générale du plateau du M'Zab. Le gradient hydraulique est de 0,25 en amont et augmente progressivement en aval jusqu'à atteindre 0.35 (ANRH).

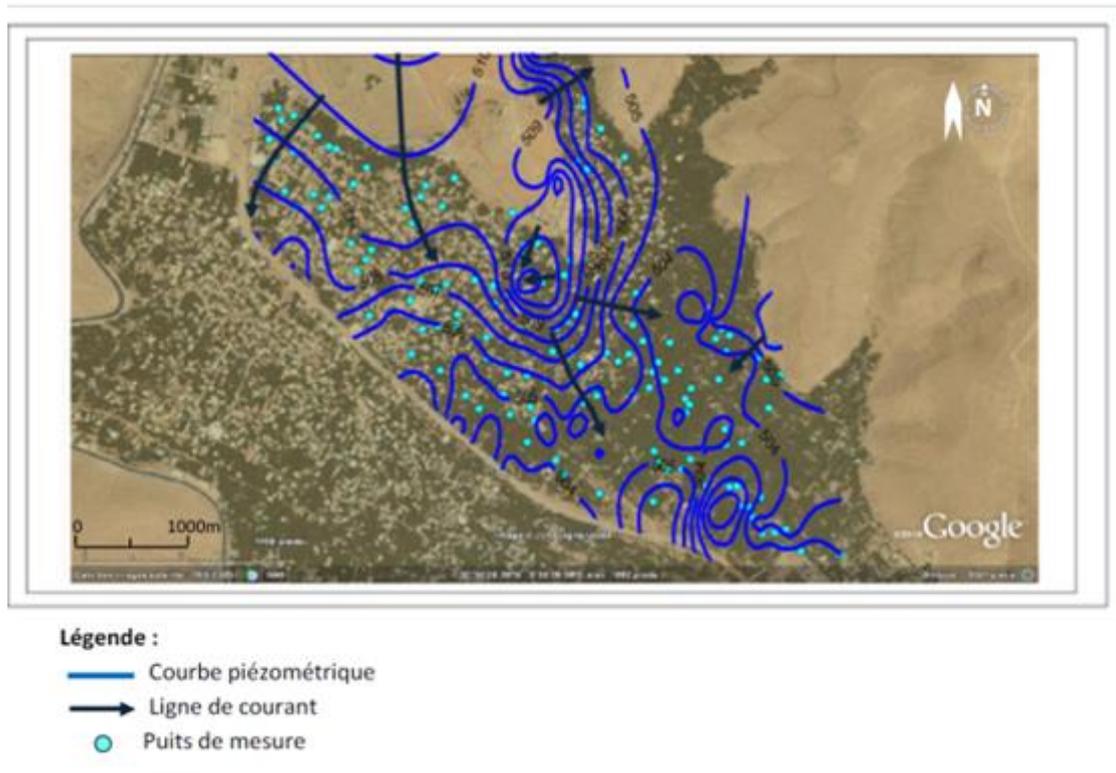


fig.1.12.carte piézométrique de la nappe phréatique(ANRH)

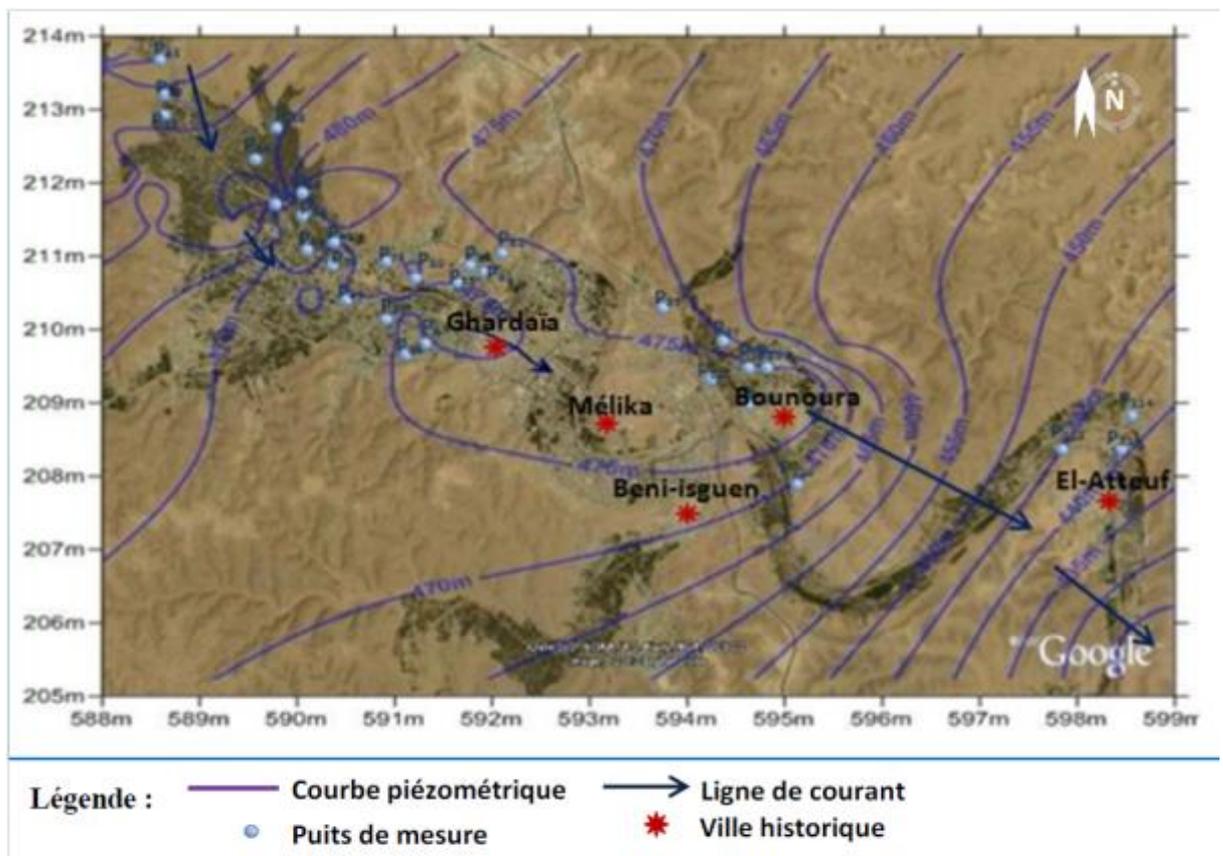


fig.1.13.carte piézométrique de la vallée du M'Zab (source anrh)

1.8.3. Nappe du continental intercalaire

L'Albien : est déterminé en général par des grès argileux : grès rouges et sables moyens à fins avec une épaisseur de 200 à 300m.

La Nappe du continental intercalaire est exploitée à une profondeur allant de 250m à 1000m selon la région. Elle draine d'une façon générale les formations gréseuses et grésos-argileuses du Barrémien et de l'Albien.

Localement l'écoulement s'effectue d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime provient directement des eaux de pluies au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident sud atlassique.

L'eau de la nappe albienne est la ressource principale de la région. Elle est exploitée pour l'alimentation en eau potable (après traitement), l'irrigation et pour l'industrie.

La qualité physicochimique et bactériologique des eaux de cette nappe tire son profil de la nature lithologique de l'aquifère, composée essentiellement de grès et de sable fins argileux (tableau.1.5) (ANRH).

1.8.4. Piézométrie de la nappe albienne (CI)

La nappe du CI est captive dans toute la région, elle peut être exploitée à des profondeurs variant de 0,5 à 140m dans les zones de Ghardaïa, Metlili, Berriane, Sebseb, Mansourah et certaines régions d'El-Ménia. En fonction de l'altitude topographique et des formations postérieures au CI, le niveau piézométrique peut se situer au-delà de la surface topographique où la nappe devient jaillissante et admet des pressions élevées en tête des ouvrages de captage. Citons les zones de : Zelfana, Guerrara, Hassi-El-Fahel et Hassi-El-Gara (ANRH).

La carte piézométrique de la nappe albienne en 2005

On distingue deux directions d'écoulement principales au niveau de la nappe albienne (fig.1.14) :

- une qui s'effectue du Nord-ouest vers l'Est, dans le Nord de la région.
- l'autre est situé dans le Sud-ouest de la région qui se dirige du Nord-ouest vers le Sud.

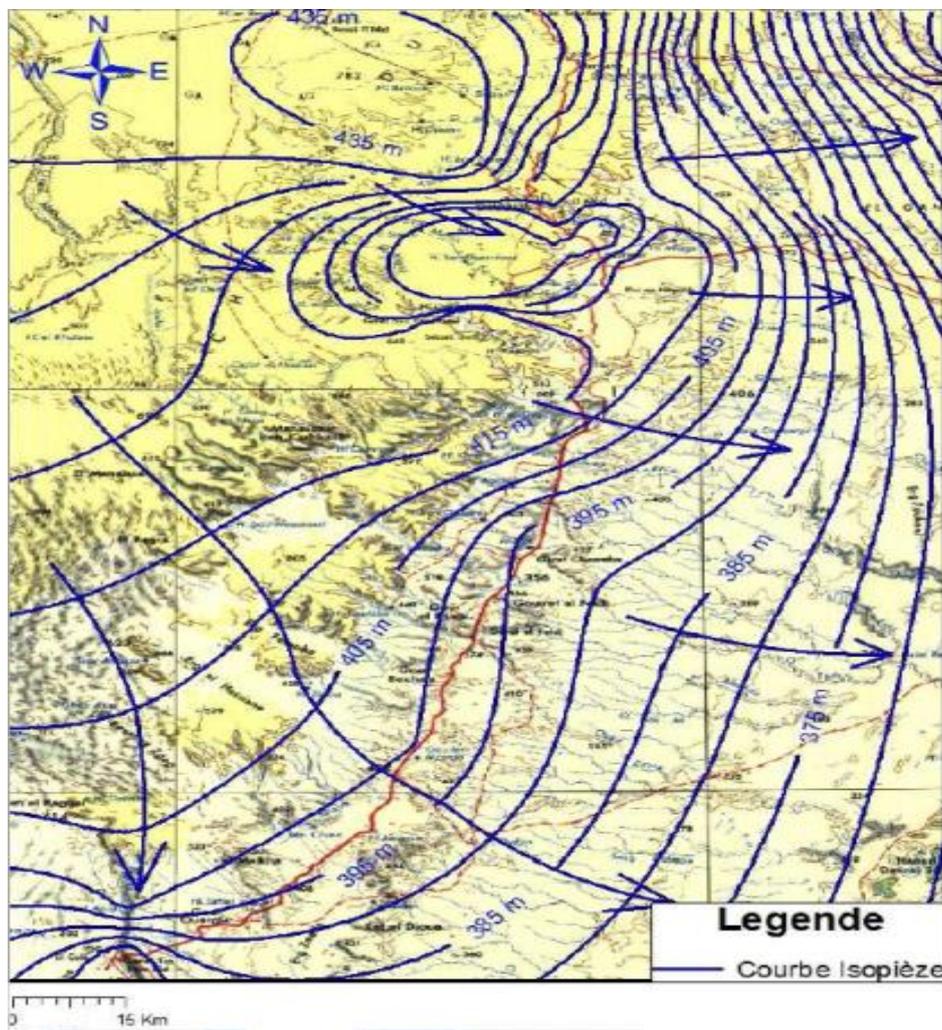


fig.1.14. carte piézométrique de la nappe CI dans la région du M'Zab (source ANRH)

Tableau1.5. formation géologique et perméabilité des aquifères

Formations		Perméabilité	intérêt hydrogéologique
Quaternaire alluvionnaire		Perméabilité d'interstice	Aquifere
Cénomano-Turonien		Perméabilité de fissure	Aquifere
Cénomanién		Imperméable	Substratum
Continental intercalaire	Albien	Perméabilité d'interstice	Aquifere
	Aptien		
	Barremien		

1.9. Agriculture

On distingue deux systèmes d'exploitation :

1.9.1. Le système oasien de l'ancienne palmeraie

Couvrant 3146 hectares, Le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantations irriguées par des rigoles traditionnelles (séguias).

On y trouve des cultures maraichères, arbres fruitiers et des palmiers dattiers...

(Fig.1.15) (DSA).

1.9.2 La mise en valeur

Le système de mise en valeur se scinde en :

Mise en valeur péri-oasienne :

Petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré, caractérisé par : irrigation localisée, densité optimale, alignement régulier, exploitation structurée, taille moyenne de 2 à 10 ha.

Mise en valeur d'entreprise :

C'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par : structures foncières importantes (jusqu'à 500 ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et de vergers phoenicicoles et arboricoles (DSA).

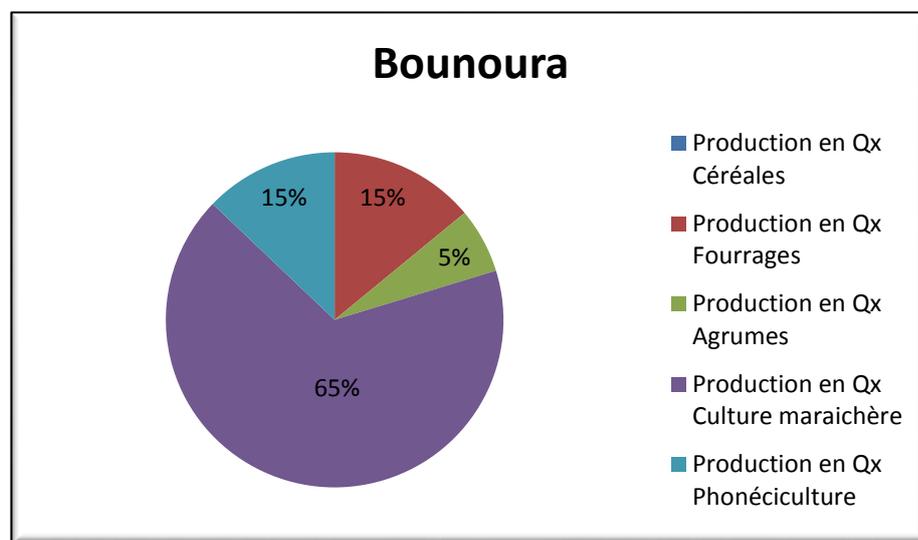


Fig.1.15. Les cultures pratiquées au niveau de Bounoura

CHAPITRE 2**FONCTIONNEMENT DU SYSTEME
HYDRAULIQUE TRADITIONNEL**

La rareté des ressources en eau dans la région du m'Zab a obligé la population locale à capter chaque goutte d'eau et d'éviter tout gaspillage afin de propulser la production agricole qui était la seule alternative économique à l'époque pour ce territoire aride et isolé.

Les Mozabites ont fait preuve d'une grande intelligence dans le but de canaliser, capter, drainer et partager équitablement cette précieuse ressource et par la même se protéger contre d'éventuelles crues. Ils ont créé un système de partage ingénieux qui s'est perpétué de génération en génération.

Ainsi, nous pouvons subdiviser ce système en deux parties :

- ✓ une partie qui collecte et canalise les eaux de pluies orageuses vers le partage
- ✓ une partie qui partage les eaux collectées au niveau de la palmeraie.

Au niveau de la zone étudiée (Bounoura) le système hydraulique est composé de barrages ou petites diguettes, d'ouvrages de régulation et de distribution d'eau au niveau des jardins (les seguias).

2.1. Les Ahbess (barrages)

On peut distinguer deux types de barrages :

2.1.1. Barrages situés en amont

Ce sont des ouvrages de dérivation dont le rôle est de partager en plusieurs bras le flot de crue et de le diriger vers les séguias qui le conduisent aux jardins à irriguer.

Au niveau de Bounoura un barrage appelé AHBASS AJDID (Fig.2.1) a été réalisé en 2005, en amont de la palmeraie. Il s'allonge sur 110 mètres de longueur, avec une épaisseur de 15mètres (Google Earth).Il dispose de deux vannes situées à 80 mètres d'intervalle. Le barrage a été réalisé pour servir d'obstacle aux flux provenant de l'oued m'Zab. Son rôle est de gérer l'écoulement des eaux vers les rives Est et Ouest de la palmeraie afin d'irriguer les jardins situés en amont d'une manière équitable.



Fig.2.1. barrage Ahbess Ajdid

Le barrage est doté de deux vannes coulissantes (Fig.2.2), actionnées manuellement à l'aide d'un système mécanique qui présente un volant rotatif relié à un arbre de vice Archimède qui fait soulever les grilles métalliques lors du remplissage de ce dernier pour alimenter les berges avec une quantité d'eau bien étudiée et suffisante en quantités pour les jardins à irriguer.



Fig.2.2. une vanne coulissante du barrage Ahbess Ajdid (coté Est)

Ce barrage a un autre rôle à jouer qui concerne à protéger la palmeraie des inondations destructives comme cela a été le cas en 2008. Cet obstacle s'est avéré d'une aide précieuse pour les habitants de la région et leurs cultures.

Avant l'existence du grand barrage (Ahbass Ajdid) la proportion d'eau qui était affectée aux jardins Est et Ouest n'était pas régularisée car le partage se faisait d'une manière inéquitable entre les deux rives.

2.1.2. Barrages situés en aval

Ce sont des ouvrages de retenue (diguettes) qui barrent le lit de la rivière pour bloquer l'eau et la forcer à s'étaler sur toute la surface des jardins contigus à l'oued et à s'infiltrer dans le sous-sol pour alimenter les puits (Tableau.2.1et Fig.2.3).

L'eau qui n'est pas employée aux irrigations superficielles imbibe le sol et enrichit la nappe souterraine qui alimente les puits.



Fig.2.3.une diguette au niveau de la palmeraie de Bounoura

Tableau.2.1.les différents barrages de la palmeraie de Bounoura au niveau de l'oued AZOUIL et l'Oued M'Zab

Oued AZOUIL	Oued M'ZAB
Afrak Neterjuine	Ahbass
Dadi wasselmane	Ahbass Ajdid
Saleh	Nyoura Guine
Hamou An.Chabane	Mohamed Anyanouh
Tizerzaine	
Mahmi	
Tenouba	
kouzah	

2.2. Les ouvrages de distribution d'eau au niveau des jardins

2.2.1. El-koua : Orifice

Ce sont des ouvertures qui déversent l'eau à l'intérieur du jardin, et au niveau de chaque ouverture on trouve un ralentisseur qui diminue le débit de l'écoulement et laisse passer une grande quantité d'eau dans le jardin. Ces ouvertures sont dimensionnées en fonction de la surface du jardin à irriguer et le nombre de palmiers s'y trouvant (Fig.2.4).



Fig.2.4. El-Koua

2.2.2. Trop plein d'un jardin

Une fois l'irrigation de tous les jardins terminée, l'eau excédentaire est évacuée par le trop-plein (Fig.2.5). Cette eau sert à irriguer d'autres jardins (jardins étagés) ou bien poursuit son chemin jusqu'à rejoindre l'Oued M'Zab



Fig.2.5.les ouvertures du trop plein

2.2.3. Les canaux à ciel ouvert "SEGUIA"

Au niveau de l'Oasis de Bounoura on retrouve deux canaux à ciel ouvert , l'un situé à l'Est qu'on appelle « SEGUIA EL-CHEKIA » et l'autre situé à l'Ouest appelé « SEGUIA EL-GHERBIA », (Fig.2.6 et 2.7)

Ces derniers sont les artères principales du système d'irrigation et de partage des eaux. Lors des crues l'eau est acheminée par ces canaux permettant une répartition équitable de l'eau.



Fig.2.6.la seguia Cherkia



Fig.2.7.la seguia Guerbia

2.2.4. Les puits

On distingue deux types de puits au niveau de la palmeraie de Bounoura :

- ✓ Les Hassi traditionnels, utilisés généralement pour l'irrigation des petits jardins (Fig.2.8).
- ✓ Les puits de recharge qui sont alimentés lors des crues par injection directe (ces puits sont dotés d'embouchures en bas de la margelle qui permettent de faire rentrer l'eau de la crue d'une manière directe afin de réalimenter la nappe phréatique). (Fig.2.9).



Fig.2.8.photo d'un puits traditionnel



Fig.2.9.photo d'un puits de recharge

- ✓ Les forages réalisés par l'Etat qui puisent l'eau de la nappe albiennne. Ils sont surtout utilisés pour la consommation des habitants (Tableau2.2 et Fig.2.10)



Fig.2.10.carte de forages au niveau de Bounoura (Google Earth)

Tableau 2.2. le nombre de forages et des puits traditionnels (ANRH)

Commune	Forages			Puits	
	Nbr	Fo-Pub	Super (ha)	Nbr	Super (ha)
<i>GHARDAIA</i>	11,00	/	<i>628,00</i>	740	771
<i>EL MENIA</i>	118,00	/	<i>4490,00</i>	330	461
<i>DH DAYET BENDAHOUA</i>	10,00	/	<i>660,00</i>	645	750
<i>BERRIANE</i>	12,00	/	<i>275,00</i>	675	485
<i>METLILI</i>	20,00	/	<i>990,00</i>	1066	795
<i>EL GUERRARA</i>	30,00	/	<i>3373,00</i>	173	536
<i>EL ATTEUF</i>	9,00	/	<i>695,00</i>	288	233
<i>ZELFANA</i>	17,00	/	<i>1161,00</i>	0	/
<i>SEBSEB</i>	11,00	/	<i>682,00</i>	885	853
<i>BOUNOURA</i>	5,00	/	<i>420,00</i>	636	356
<i>HASSI EL FEHAL</i>	35,00	/	<i>2111,00</i>	18	165
<i>HASSI GARA</i>	89,00	/	<i>2513,00</i>	85	217
<i>MANSOURAH</i>	14,00	/	<i>661,00</i>	400	622
<i>Total</i>	381,00		18659	5941,00	6244

2.3. Fonctionnement du système hydraulique lors des crues

2.3.1. Zone amont

Les flux d'eau arrivent de l'oued M'Zab et sont réparties entre les deux seguias par l'ouverture des deux vannes coulissantes du barrage Ahbess Ajdid, permettant l'irrigation des jardins d'une manière équitable via la rive Est et la rive Ouest (Fig.2.11).



Fig.2.11. Fonctionnement du système hydraulique zone amont (Google earth)

2.3.2. Zone avale

Elle est caractérisée par une série de diguettes, qui bloquent l'eau des crues, lui permettant de s'étaler dans les jardins et en même de temps de recharger la nappe phréatique (Fig.2.12).



Fig.2.12.fonctionnement du système hydraulique zone avale (Google Earth)

CHAPITRE 3

ETAT DES LIEUX DE L'ENVIRONNEMENT – RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'ACTION

Il ressort de notre étude que la palmeraie de Bounoura est confrontée à une série de contraintes naturelles et anthropiques menaçant l'équilibre écologique et les ressources en eau de la région.

3.1. Contraintes naturelles

3.1.1. Le climat de la région est caractérisé par une faible pluviométrie (moyenne annuelle de 68mm), ainsi que des températures élevées dépassant les 45°C en Aout, favorisant une importante évapotranspiration (moyenne annuelle de 2000mm) et entraînant une pénurie quasi- permanente des eaux de surface. Ainsi, les besoins en eau de la palmeraie sont presque exclusivement puisés dans les nappes profondes contribuant à la baisse du niveau piézométrique de ces dernières.

3.1.2. La maladie du Bayoud ou Fusariose vasculaire du palmier dattier menace sérieusement l'avenir de la phoeniculture dans la palmeraie de Bounoura. Ce véritable fléau occasionne des pertes de récolte considérables pouvant atteindre les 40% (DSA) des prévisions de production entraînant non seulement la perte d'un aliment de base pour la population locale mais aussi la perte d'une source de revenus indispensables à la vie quotidienne des fellahs. Elle a également réduit considérablement l'étendue des périmètres cultivés et a accéléré le processus de désertification (Fig.3.1 et 3.2)



Fig.3.1.Palmier atteint par la maladie du Bayoud



Fig.3.2.Palmier en phase terminale de la maladie du Bayoud

3.2. Contraintes anthropiques

3.2.1. Dégradation des ouvrages hydrauliques traditionnels

Les systèmes traditionnels d'irrigation et de gestion de l'eau de la palmeraie de Bounoura sont le témoignage de la capacité des hommes à composer avec les contraintes naturelles du milieu. Ils permettent aux flux d'eau de remplir la nappe phréatique, de déposer les fertilisants ramenés par les crues de l'oued et grâce aux canaux d'irrigation de drainer l'eau et de l'étaler de façon uniforme.

Le constat établi sur le terrain fait ressortir le manque d'entretien de ces ouvrages. Ainsi, la majorité des diguettes se trouvant le long du lit mineur de l'oued et traversant la palmeraie sont entièrement ou partiellement envasées (Fig.3.3 et 3.4). Ces diguettes servent de ralentisseurs et de voiries de drainage vers les jardins lors des crues grâce à leur inclinaison par rapport à la disposition de ces derniers et permettent également la recharge artificielle de la nappe phréatique.

Ce phénomène touche également les puits traditionnels, dits Hassi, utilisés comme source d'eau potable ainsi que pour l'irrigation et dont certains sont aujourd'hui dans un état de dégradation avancé et d'autres complètement ou partiellement remblayés.

Le remblaiement des hassi étant causé soit par l'érosion des parois causant un effondrement du sol à l'intérieur du puits ou par les solides en suspension charriés lors des crues (sable, limon, ...)(Fig.3.5).



Fig.3.3.diguette détruite au sein de la palmeraie



Fig.3.4.une diguette envasée



Fig.3.5.un puits traditionnel remblayé

3.2.2. Envasement du barrage Ahbas Ajdid

Le grand barrage Ahbas Ajdid construit en 2005 afin de ralentir les flux d'eaux provenant de l'Oued M'Zab lors des crues ainsi que pour le partage équitable des ressources en eau entre la Seguia cherkia et la Seguia gherbia, connaît un taux d'envasement important. Ceci est dû à une forte érosion des bassins versants de la région, favorisée par la nature des sols et l'absence de couverture végétale (Fig.3.6).

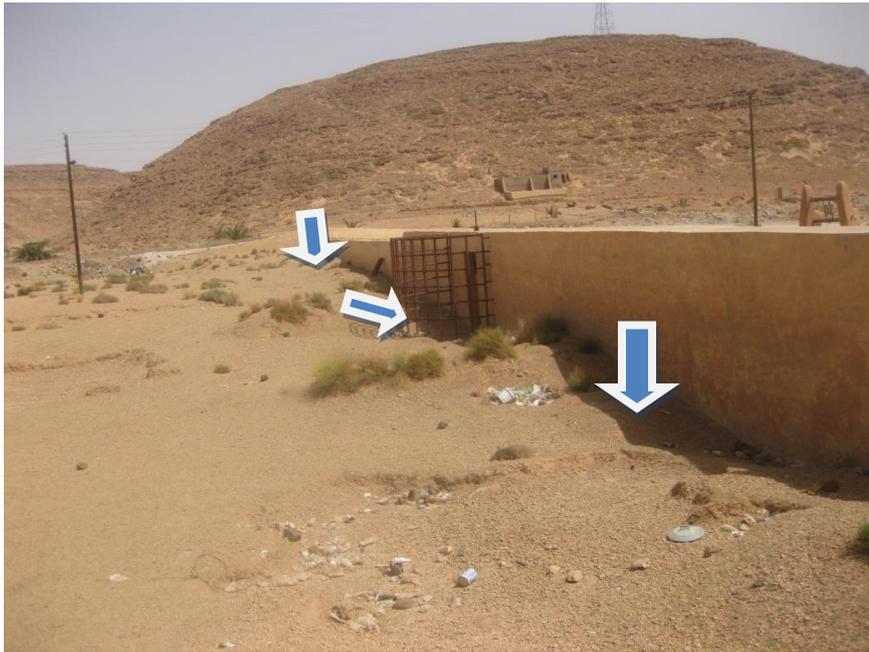


Fig.3.6.phénomène d'envasement du barrage Ahbess Ajdid

3.2.3. Problème des effluents domestiques

L'extension anarchique des habitations au sein de la palmeraie a eu comme conséquence une pollution par les eaux usées domestiques, vu que ces demeures ne sont pas raccordées au réseau d'assainissement de la ville. Ces effluents domestiques provoquent des préjudices importants en engendrant des nuisances olfactives et en favorisant l'insalubrité et la dégradation des conditions sanitaires (Fig.3.7 et 3.8).



Fig.3.7. rejet d'eaux usées domestiques



Fig.3.8. pollution par les effluents domestiques

3.2.4. Manque d'entretien de la palmeraie

De grandes surfaces de la palmeraie connaissent un manque d'entretien : absence de voies d'accès, réseaux d'irrigation endommagés, présence de débris, ... (Fig.3.9 et 3.10)



Fig.3.9. Débris jonchant les abords de la palmeraie



Fig.3.10. manque d'entretien de la palmeraie : du mortier asphyxiant la base d'un palmier

3.2.5. Contraintes sociales

Le manque d'opportunités de développement et d'activités génératrices de revenus dans la région a conduit à l'exode des forces vives notamment des jeunes vers les grandes agglomérations ou l'étranger à la recherche d'emplois plus lucratifs. Le faible niveau de développement dans de nombreux secteurs n'a pas permis la stabilisation de cette frange de population dont une partie devrait assurer la relève dans le domaine agricole.

L'accès à l'eau pour les agriculteurs est inégal favorisant une gestion anarchique et individuelle des ressources hydriques et entraînant des tensions sociales. En effet, si certains irrigants n'ont accès à l'eau que lors du tour d'eau, d'autres accèdent à l'eau par plusieurs autres moyens. La source secondaire d'eau peut être continue (puits illicites, branchement privé sur le réseau d'eau potable) ou temporaire (récupération de l'eau du drainage, vol d'eau,...).

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES D'ACTION

3.3. Revalorisation des ouvrages hydrauliques traditionnels

Ces systèmes souvent marginalisés doivent être restaurés et mis en valeur. Nous préconisons dans ce sens les mesures suivantes :

3.3.1. Les puits traditionnels

- . Restauration des puits détériorés avec des matériaux locaux afin de préserver le potentiel paysager local(Fig.3.11).
- . Programmation de créneaux de pompages pour chaque fellah afin d'éviter une baisse du niveau piézométrique de la nappe phréatique et limiter le phénomène du « banditisme » de l'eau.



Fig.3.11. puits traditionnel restauré avec des matériaux locaux

3.3.2. Les diguettes

La palmeraie de Bounoura compte 12 diguettes réparties sur l'oued Azouil et l'oued M'Zab, cependant la majorité d'entre elles sont complètement ou partiellement envasées voir même détruites.

Compte tenu de l'importance de ces ouvrages hydrauliques stratégiques nous proposons :

- . Des travaux de dévasement des diguettes après chaque crue ou de façon périodique.
- . La reconstruction des diguettes endommagées (Fig.3.12et 3.13).



Fig.3.12. reconstruction d'une diguette



Fig.3.13.Diguette renouée

3.3.3. Le barrage Ahbess Ajdid

Le problème d'envasement du barrage Ahbess Ajdid étant lié à une érosion hydrique importante sur le bassin versant, des mesures antiérosives doivent être entreprises visant à maîtriser le ruissellement de l'eau à ce niveau. Les solutions techniques qui nous semble les mieux adaptées vu la nature du sol et les conditions climatiques sont :

- . la construction d'une série de diguettes qui permettront de stopper les éléments grossiers en augmentant la plage d'épandage (Fig.3.14).
- . la plantation de végétaux à fort enracinement. Ceci contribuera à ralentir l'écoulement de l'eau et laisser les sédiments se déposer en amont du barrage.

En plus des mesures préventives, il convient d'entreprendre une opération de dévasement avant la survenue d'une prochaine crue. On pourra faire appel à des engins adaptés au terrain et à la nature du sol tel que les pelles mécaniques hydrauliques à godet (Fig.3.15).



Fig.3.14.construction de diguettes en amont du barrage Ahbas Ajdid (Google Earth)



Fig.3.15. pelle mécanique hydraulique à godet

3.4. Traitement des effluents domestiques

La pollution de la palmeraie de Bounoura par les eaux usées nécessite une prise en charge urgente et adaptée. Nous recommandons dans ce sens, les solutions techniques suivantes (Fig.3.16 et.3.17) :

Assainissement individuel par l'installation de fosses toutes eaux dont l'exploitation est aisée avec un faible cout d'investissement.

Assainissement collectif à petite échelle faisant appel à des décanteurs-digesteurs (par traitement biologique). Ce procédé d'épuration nous semble le mieux adapté aux petites collectivités et dont le cout d'exploitation reste raisonnable.

En plus de ces mesures d'assainissement, nous proposons de faire valoriser les sous-produits issus de ce traitement. On pourra réutiliser l'eau traitée pour l'irrigation et les boues récupérées comme engrais (TEY J., 2005).



Fig.3.16.installation du système decanteur-digesteur

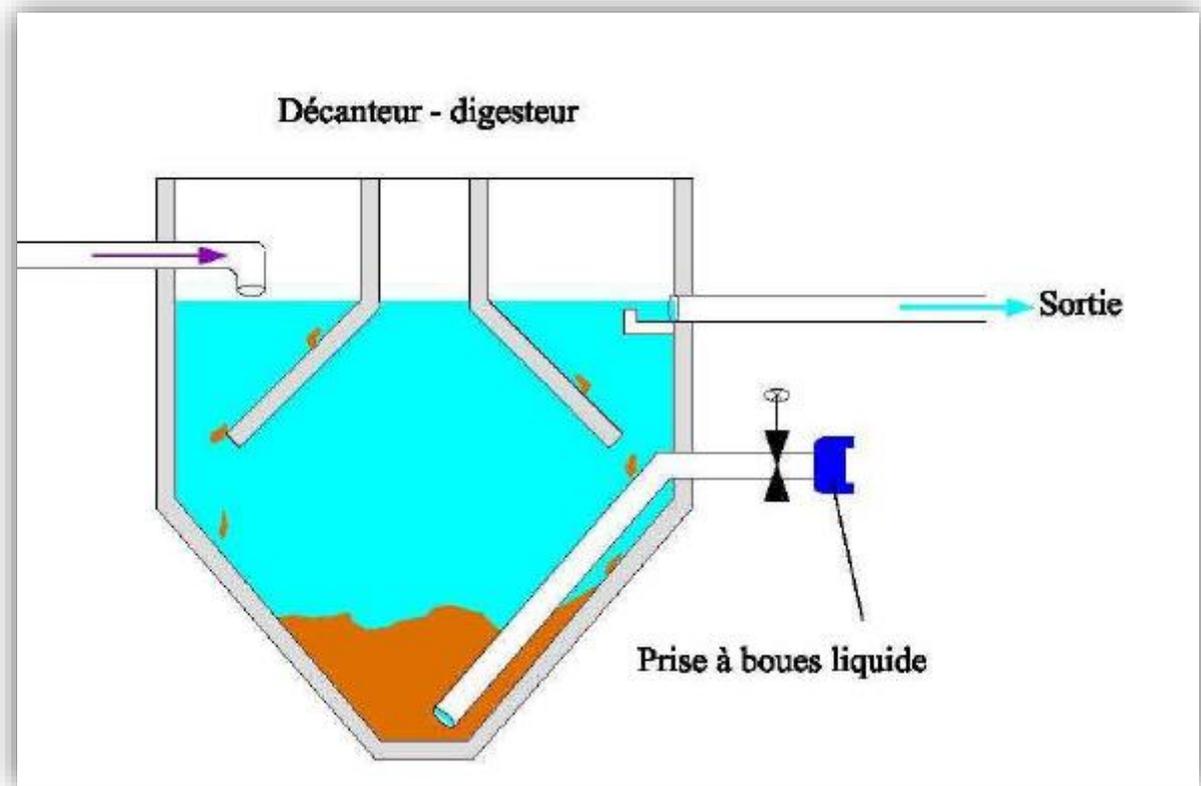


Fig.3.17.Décanteur-Digesteur

3.5. Préservation du patrimoine phoenicicole

La phoeniciculture constitue une ressource économique importante pour la région de Bounoura. Dans le cadre de la mise en valeur de cette richesse agricole nous proposons la série de mesures suivantes (Fig.3.18 et 3.19) :

- . la réhabilitation des anciennes palmeraies par :
 - la construction de nouveaux puits.
 - la réfection des réseaux d'irrigation et de drainage.
 - l'amélioration de l'accessibilité : ouverture de voies d'accès, réalisation de nouvelles pistes de désenclavement.
 - le réaménagement des palmeraies :
 - .nettoyages réguliers.
 - .délimitation de grands périmètres agricoles avec électrification des forages.
 - .rajeunissement du patrimoine phoenicicole âgé (arrachage-plantation).
- . l'extension des oasis par la création de nouvelles exploitations.

Quant à la maladie du Bayoud, nous préconisons de renforcer les moyens de lutte déjà mis en place contre ce fléau et faisant appel à des mesures :

- prophylactiques : protection des zones encore saines en évitant l'utilisation de matériel végétal contaminé (feuilles, rejets,...).
- curatives : si de nouveaux foyers de Bayoud sont détectés dans une zone saine l'éradication reste le meilleur moyen de lutte (délimitation du foyer infecté, arrachage et incinération sur place de l'arbre malade, stérilisation du sol et mise en quarantaine).



Fig.3.18. lutte contre le Bayoud : incinération sur place de l'arbre contaminé



Fig.3.19. arrachage et mise en quarantaine des palmiers infectés

3.6. Gestion durable de l'eau

Les perspectives du changement climatique (diminution des précipitations entre 4 à 20% d'ici 2020) et l'accroissement de la population font accentuer la compétition sur la ressource hydrique. D'où la nécessité d'une gestion globale de l'eau en incluant la notion de durabilité reposant sur une utilisation rationnelle et économe de l'eau.

Pour se faire, on pourra faire appel aux technologies nouvelles :

3.6.1. Utilisation des énergies renouvelables

Le Sahara algérien représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen. Cet atout peut être utilisé à bon escient dans le cadre du développement durable au niveau de la palmeraie de Bounoura. En effet, l'énergie solaire est une énergie propre non polluante pour l'environnement puisqu'aucun gaz à effet de serre n'est dégagé. Elle est disponible, inépuisable et demande peu d'entretien.

Elle peut être exploitée dans plusieurs domaines d'activité notamment dans l'agriculture à des fins d'irrigation en utilisant des pompes écologiques avec panneaux photovoltaïques en remplacement des motopompes avides d'énergie et beaucoup plus polluantes (Fig.3.20 et 3.21).

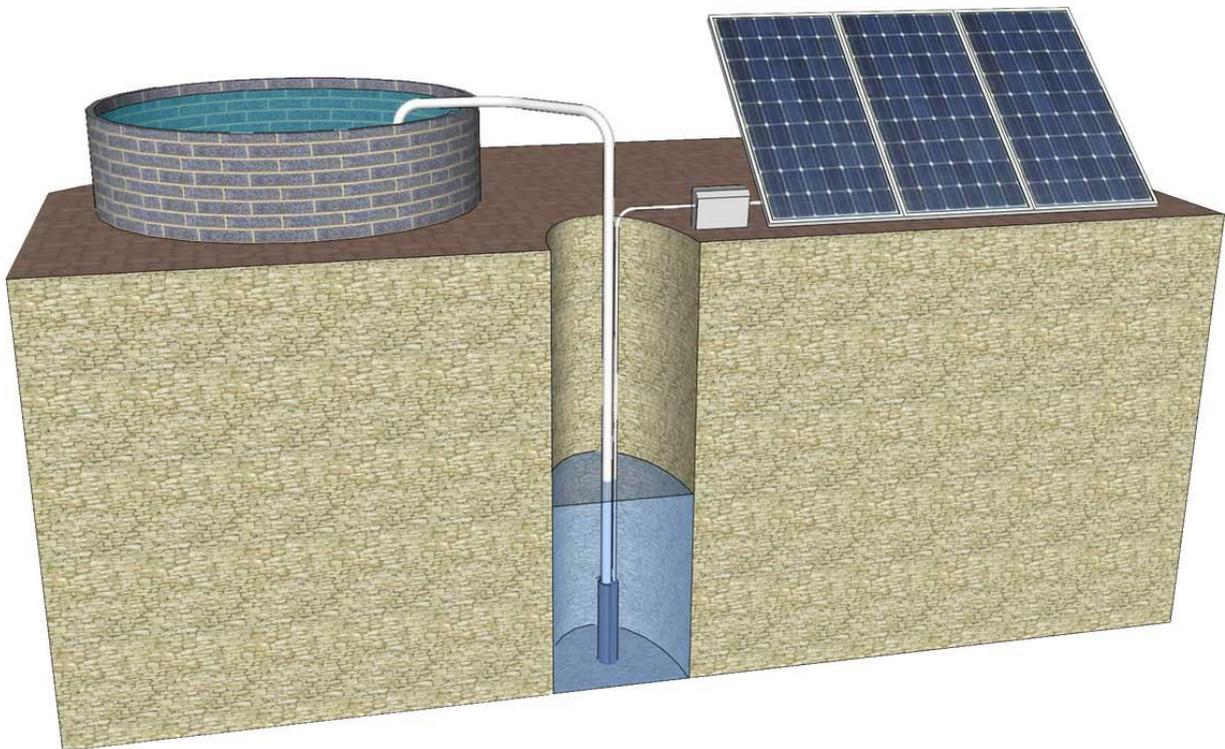


Fig.3.20.fonctionnement d'un pompage par énergie solaire



Fig.3.21. pompe écologique utilisant l'énergie solaire

3.6.2. Utilisation des systèmes modernes d'irrigation

Le développement des techniques d'irrigation moderne permet une utilisation optimale de l'eau de façon à renforcer durablement la production agricole.

Les techniques de micro-irrigation (irrigation au goutte-à-goutte)

C'est une application lente et localisé d'eau au niveau d'un point sur la surface du sol.

L'eau est amenée jusqu'aux orifices de gouttage par un assemblage de tuyaux en plastique (PVC). Des canalisations latérales sont également raccordées et posées sur le sol. Ces canalisations d'un diamètre de 10 à 25 mm sont perforées ou munies de goutteurs spéciaux. Chaque goutteur doit déverser l'eau goutte-à-goutte sur le sol à un débit prédéterminé allant de 1 à 10 l/h (Fig.3.22).

La fréquence et la durée de chaque irrigation sont contrôlées par une vanne actionnées manuellement ou par une série de valves automatiques programmables.



Fig.3.22.technique d'irrigation au goutte à goutte

Cette technique est particulièrement indiquée pour les sols sableux ayant une faible capacité de rétention d'eau et dans les climats arides où les pertes par évaporation sont élevées, ce qui est le cas de la zone étudiée. Ce type d'irrigation nous semble le plus approprié pour les cultures maraichères.

L'irrigation des palmiers, quant à elle, consiste à laisser couler l'eau à la surface, en veillant à ce que le débit ne soit pas supérieur à la capacité d'infiltration du sol, pour que toute l'eau pénètre dans la rhizosphère sans stagner ou s'écouler à la surface, cette méthode est dite irrigation de surface (Fig.3.23).



Fig.3.23. L'Irrigation de surface dans la palmeraie de Bounoura

CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'une part, d'établir un diagnostic de l'environnement au niveau de la palmeraie de Bounoura et de montrer la vulnérabilité de ce milieu face aux activités humaines et les conséquences qu'elles impliquent et d'autre part d'essayer d'apporter autant que possible des réponses environnementales adéquates afin de préserver ce site.

Pour se faire nous avons sollicité un certain nombre d'administrations (APC de Bounoura, DHW) et organismes étatiques (ADE, OPVM) afin de collecter les données nécessaires et en procédant à des visites sur terrain avec interview des principaux acteurs de la région (fellahs, notables du Ksar,...).

Il ressort de cette étude que la palmeraie de Bounoura est confrontée à une série de contraintes naturelles et humaines limitant le développement local et menaçant l'équilibre écologique. En plus d'un stress hydrique quasi-permanent, les ouvrages hydrauliques traditionnels sont dans un état de dégradation avancée du fait d'un manque d'entretien. L'exploitation irraisonnée et la mauvaise gestion des ressources hydriques mobilisées ont accentué les tensions pour l'accès à l'eau et entraîné une salinisation irréversible des sols. La pression anthropique à travers une démographie croissante et une extension de l'urbanisation a eu comme conséquences une saturation du site avec occupation de la palmeraie et des zones inondables (lit de l'oued), une pollution par les eaux usées (effluents domestiques). L'état phytosanitaire de la palmeraie reste préoccupant compte tenu du nombre important de palmiers contaminés par la maladie du Bayoud menaçant ainsi le patrimoine phoenicicole. Par ailleurs, le faible niveau de développement dans de nombreux secteurs de la vie active a engendré un exode de la population, notamment des jeunes, vers les villes ou l'étranger, privant la région d'une relève dans le domaine agricole en l'absence d'une main d'œuvre qualifiée.

Toutefois, la palmeraie de Bounoura ne manque pas d'atouts et de marges d'amélioration qu'il convient d'exploiter. Pour cela des solutions techniques ont été proposées dans cette étude s'inscrivant dans une perspective d'optimisation, de valorisation et de développement durable et qui nous l'espérons pourront servir comme éléments de base à un plan d'action global pour la sauvegarde de ce patrimoine millénaire.