

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
EPAU
Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable
VUDD



Domaine : ARCHITECTURE, URBANISME ET AMENAGEMENT DURABLES
Option : QUALITE URBAINE ET ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE MASTER

VULNERABILITE DE L'ECOSYSTEME OASIEN
AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES
Cas de GHARDAIA

Présenté par : Messaoud HINANA



Devant le jury composé de :

Président de jury : Pr Ewa BEREZOWSKA-AZZAG, Professeur, EPAU.

Membre : Dr Latifa FERAHTA, MCB, EPAU.

Membre : Dr Mohamed HOCINE, MAA, EPAU.

Rapporteur : Dr Nadjet AROUA, MCB, EPAU.

Epau le 08 Avril 2014

A mes très chers parents, pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis.

A mes frères et mes sœurs.

A toute ma famille et mes amis.

Je dédie ce travail

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant de la force et l'aide qu'il m'a donné pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier en premier lieu Mme AROUA Nadjet, pour son encadrement, ses conseils, encouragement et soutien durant la préparation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements et mes respects vont aux membres de jury qui ont bien voulu examiner ce travail, participer à son évaluation et l'enrichir davantage par leurs remarques, critiques et conseils.

Mes remerciements vont à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, surtout le personnel de l'ANRH subdivision de Ghardaïa, en particulier le directeur M. ACHOUR Mansour.

Vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques

Cas de Ghardaïa

Résumé :

Les changements climatiques sont parmi les plus graves menaces au développement des pays tant à l'heure actuelle que dans l'avenir. Des impacts fatals ont déjà été observés dans les dernières années, notamment dans les zones arides et semi arides du monde, qui sont les régions les plus vulnérables et les plus sévèrement touchées par les changements et les variations climatiques actuels.

L'écosystème oasien par son appartenance aux régions arides en l'Algérie, présente une grande sensibilité au climat et vulnérabilité aux changements climatiques, soumis à des conditions physiques et hydroclimatiques défavorables, confronté à des phénomènes extrêmes de sécheresse chronique, risque élevé d'inondation et de désertification qui provoquent une accélération de la perturbation et la fragilité de cet écosystème.

C'est dans cette perspective que Ghardaïa présente aujourd'hui une problématique réelle de vulnérabilité climatique, au regard des phénomènes extrêmes d'inondations (crue de 2008), de vents qu'elle subit régulièrement et de baisse des précipitations à l'origine de la modification du microclimat. Cette vulnérabilité serait d'avantage due à des facteurs anthropiques liés à la mutation socioéconomique et la croissance urbaine qu'à des facteurs environnementaux naturels.



Mots clés : changements climatiques, écosystème oasien, Ghardaïa, vulnérabilité,.

**The vulnerability of the oasian ecosystem face to climate change
Ghardaia case study**

Abstract:

The climate change is among the most serious risks threatening the present and future development of nations. Fatal impacts have been observed last years, particularly in arid and semi-arid areas of the world, most vulnerable regions and subsequently most severely affected by current climate changes and variations.

Within Algerian arid region, the oasis ecosystem presents a high sensitivity and vulnerability to climate change since it is exposed to extreme physical and hydroclimatic conditions, facing chronic drought and high risk of flood and desertification.

Today oasis of Ghardaia presents a real vulnerability to climate change in terms of extreme phenomenon of inundations (flood of 2008), winds, irregular unexpected storms, low rate rainfall, and modification of local climate. This vulnerability seems to be due to anthropic factors tied up with the socioeconomic and urban growth model rather than to natural environmental factors.

Key words: climate change, Ghardaïa, oasis ecosystem, vulnerability.

قابلية الواحات للتضرر من التغيرات المناخية واحة غرداية أنموذجاً.

ملخص:

تعتبر التغيرات المناخية من أخطر العوائق لتطور وتنمية البلدان، سواء في الوقت الراهن أو في المستقبل، فقد لوحظت آثارها الكارثية في هذه السنوات الأخيرة، وبالأخص في المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم، والتي تمثل المناطق الأكثر عرضة للتغيرات المناخية والتباين المناخي الحالي.

تمثل الواحة نظاماً بيئياً إيكولوجياً ينتمي للمناطق الجافة في الجزائر، إذ تتميز بقابلية عالية للتضرر من المناخ، تنمو في ظروف مناخية صعبة و تواجه ظواهر طبيعية شديدة مثل الجفاف المتواصل، و الفيضانات و التصحر مما قد يعجل بتفكك نظامها البيئي.

في هذا السياق، تواجه الواحة غرداية أخطاراً ناتجة عن التغيرات المناخية من فيضانات (فيضانات 2008)، و رياح عنيفة و مفاجئة، و انخفاض في نسبة الأمطار وتغير المناخ المحلي، غير أن للعامل الإنساني من تحولات اجتماعية و اقتصادية وتوسع عمراني دور معتبر في تفاقم هذه الظواهر الخطيرة، مقارنة بالتغيرات البيئية و الطبيعية

المفاتيح: التغيرات المناخية، النظام البيئي في الواحات، قابلية التضرر، غرداية.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction	2
2. Problématique générale	4
3. Problématique spécifique	8
4. Hypothèse, objectifs et méthodologie de recherche	11

CHAPITRE 1 :

Concepts et méthode d'évaluation de la vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques

Introduction	16
1.1. L'écosystème oasien, structure et fonctionnement	17
1.1.1. Définition et composantes de l'écosystème oasien	17
1.1.2. Fonctions et types d'écosystèmes oasiens	22
1.2. Vulnérabilité urbaine aux changements climatiques	26
1.2.1. Concept et formes de vulnérabilité	26
1.2.2. La vulnérabilité urbaine aux changements climatiques	28
Conclusion du chapitre 1	33

CHAPITRE 2 :

Développement urbain de Ghardaïa

Introduction	35
2.1. L'oasis de Ghardaïa	36
2.1. 1. L'environnement naturel	36

2.1.2. L'environnement socio-économique	42
2.2. Le développement urbain de Ghardaïa	47
2.2. 1. L'évolution urbaine jusqu'à nos jours	47
2.2. 2. Mesures traditionnelles d'adaptation au climat	52
Conclusion du chapitre 2	52

CHAPITRE 3 :

Evaluation de la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques

Introduction	57
3.1. Analyse multicritère des indicateurs de vulnérabilité (exposition et fragilité) de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques	58
3.1. 1. Les facteurs environnementaux d'exposition	58
3.1.2. Les facteurs anthropiques de fragilité	61
3.2. Interprétation et discussion des résultats.	64
3.2. 1. Interprétation des tableaux	64
3.2. 2. synthèse des résultats	67
Conclusion du chapitre 3	70

CONCLUSION GENERALE 71

BIBLIOGRAPHIE 76

ANNEXE 81

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Evolution de la température durant la période 1850-2011 dans le monde	4
2	Concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère	5
3	Changements climatiques causes et effets	8
4	Plan de la structuration du mémoire.	12
5	Culture en étage dan l'oasis.	20
6-7	Relation palmeraies cadre bâti	21
8	Oasis fluviale	23
9	L'oasis située au-dessus d'une nappe	23
10	Oasis située au pied d'une foggara	24
11	Effet bioclimatique de l'oasis	25
12	Vulnérabilité aux Changements climatiques, de l'échelle globale à l'échelle locale	29
13	La température min et max en 2009 à Ghardaïa.	38
14	La pluviométrie annuelle entre 2000 et 2009 à Ghardaïa.	38
15	Intensité et fréquence des vents entre 2001 et 2009 à Ghardaïa.	39
16	Rafraichissement des vents chauds passant par les palmeraies	53
17-18	l'intégration de ksar par rapport aux conditions climatiques	53
19	Note d'implication des indicateurs environnementaux dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques.	59
20	Note d'exposition des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques.	60
21	Note d'implication des indicateurs environnementaux dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques.	62
22	Note de fragilité des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques	63

23	Comparaison des notes d'implication des indicateurs environnementaux et anthropiques à la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques	68
24	Comparaison des notes d'exposition et de fragilité des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques	69

LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	Page
1	Crue du 2 Juin 1991	10
2	Chute de neige en 2003	10
3	Crue du 1er Octobre 2008	10
4	La commune de Ghardaïa	37
5	Puis traditionnel d'irrigation	40
6	Digue de captage des eaux de crue	41
7	Séguia, système d'irrigation	41
8	Plateforme géomorphologique de la vallée de M'Zab	42
9-10	Palmeraies de Ghardaïa	45
11-12	Produits de l'artisanat à Ghardaïa	46
13	Ksar de Ghardaïa	49
14	Les constructions contemporaines empiétant sur les lits de l'oued M'Zab	50

LISTE DES CARTES

N°	Titre	Page
1	Les zones climatiques en Algérie	36
2	Situation de la wilaya de Ghardaïa par rapport à Alger	43
3	Les communes de Ghardaïa	43
4	Plan d'aménagement de la commune de Ghardaïa.	45

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Modèle de tableau AMC adopté dans le cadre de la présente recherche	13
2	Facteurs environnementaux d'exposition	58
3	Notation des facteurs environnementaux d'expositions de l'écosystème oasien aux changements climatiques	59
4	Facteurs et indicateurs anthropiques de fragilités	61
5	Notation des facteurs et indicateurs anthropiques de fragilités de l'écosystème oasien aux changements climatiques	62
6	Notes d'implication des indicateurs environnementaux et anthropiques dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques	67

LISTE DES ABREVIATIONS

CC : Changement Climatique.

CCNUCC : Convention Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques.

GES : Gaz à Effet de Serre.

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat.

IEC : Indicateur Environnemental Climatique.

IEH : Indicateur Environnemental Hydrographique.

IEG : Indicateur Environnemental Géomorphologique.

IAS : Indicateur Anthropique Socioéconomique.

IAU : Indicateur Anthropique Urbanistique.

IAT : Indicateur Anthropique Technique.

OPVM : Office de Protection de la vallée du M'Zab.

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.

RADDO : Réseau Associatif de Développement Durable des Oasis.

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction :

Le changement climatique constitue la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnemental. Dans une perspective de développement durable, elle fait appel à l'amitié entre l'homme et la nature et l'arrêt du gaspillage des ressources naturelles pour la stabilité et la continuité de la vie humaine.

Ce changement de climat est le résultat de nombreux facteurs liés aux nouvelles conditions atmosphériques qui ne cessent de subir des modifications. Il devient de plus en plus perceptible tout au long des mois et des saisons, et par conséquent menace les écosystèmes fragiles.

Il permet de faire allusion à deux sujets mis en rapport. D'une part, il s'agit d'un phénomène observé depuis la température moyenne des dernières décennies, qui ne cesse de monter. D'autre part, c'est une théorie selon laquelle la température n'arrêtera pas d'augmenter dans les prochaines années à cause de l'intervention de l'homme. (GIEC, 2007)

Ces changements climatiques sont observés à l'échelle planétaire et touchent la plupart des régions du monde, notamment les zones arides qui sont les plus concernées et menacées. Le phénomène semble prépondérant en Afrique où ces effets se conjuguent pour éprouver les efforts de développement socioéconomique -moyens de vie des populations.

Les impacts se traduisent dans de nombreux domaines : climat, écosystèmes, énergie, alimentation, productions (quantitativement et qualitativement) et santé (PNUD, 2009). Ils sont également prévus à l'augmentation de température, la baisse sensible de la pluviométrie, l'augmentation des épisodes de sécheresse et la hausse du niveau de la mer, etc.

En Algérie, comme en Afrique du Nord, les changements climatiques ont été mis en évidence par la dernière période de sécheresse (depuis le début des années 1974) (OSS, 2007). Cependant l'Algérie, pays méditerranéen majoritairement situé en zone

semi-aride et aride, a toujours été confrontée à des phénomènes extrêmes tels que sécheresse et stress hydrique, crues, inondations et augmentation de la température.

L'Algérie dispose d'un potentiel important de ressources naturelles composé d'écosystèmes. Les écosystèmes oasiens, qui sont des agrosystèmes patiemment élaborés sous forme de constructions sociales, écologiques et économiques très complexes, en font partie. C'est un territoire circonscrit à la présence du palmier, point d'ancrage économique et culturel, où la vie est organisée autour de la gestion de l'eau dans un environnement marqué par l'aridité.

La vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime en Algérie à travers plusieurs aspects, notamment dans les régions chaudes et arides où leurs impacts sur les écosystèmes oasiens sont perceptibles. Le problème est par conséquent sérieusement posé et menace la durabilité car les projections climatiques montrent que l'aridité va progressivement augmenter à cause de la régression de la pluviométrie et l'augmentation de la température. (PNUD, 2009). Dans ce cadre, elle a présenté plusieurs objectifs à réaliser, par exemple en 2001 dans sa première communication nationale initiale (CNI) sur les changements climatiques, qui ont été définis :

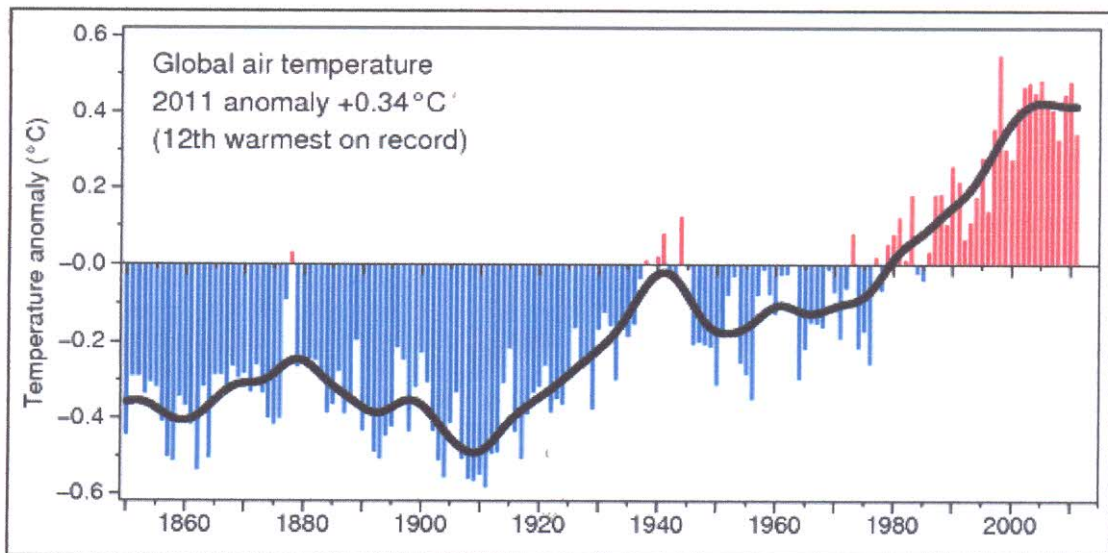
- Améliorer la qualité des données et informations rapportées dans le cadre de la CNI avec une forte implication et une participation active de tous les acteurs à l'échelle nationale.
- Renforcer la prise en compte du changement climatique dans la politique nationale de développement.
- Réaliser des inventaires des GES au niveau de tous les secteurs concernés (énergie, industrie, agriculture, déchets, ressources hydriques, forêts). (Chabane M, 2012).

2. Problématique générale :

Les changements climatiques sont l'un des problèmes les plus importants de notre époque car ils accroissent considérablement les pressions pesant sur la société et l'environnement. La Convention Cadre des Nations Unies sur les changements Climatiques(CCNUCC) entend par « changements climatiques » les changements du climat directement ou indirectement attribués à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables, généralement échelonnées sur au moins une trentaine d'années » (GIEC 2007).

Il faut donc distinguer la variabilité du climat, qui s'observe sur de courtes périodes, des changements climatiques qui sont des phénomènes extrêmes qui se manifestent sur des périodes plus longues avec des causes multiples à la fois naturelles et anthropiques (Fig. n°1). Ces derniers constituent l'objet de la présente recherche.

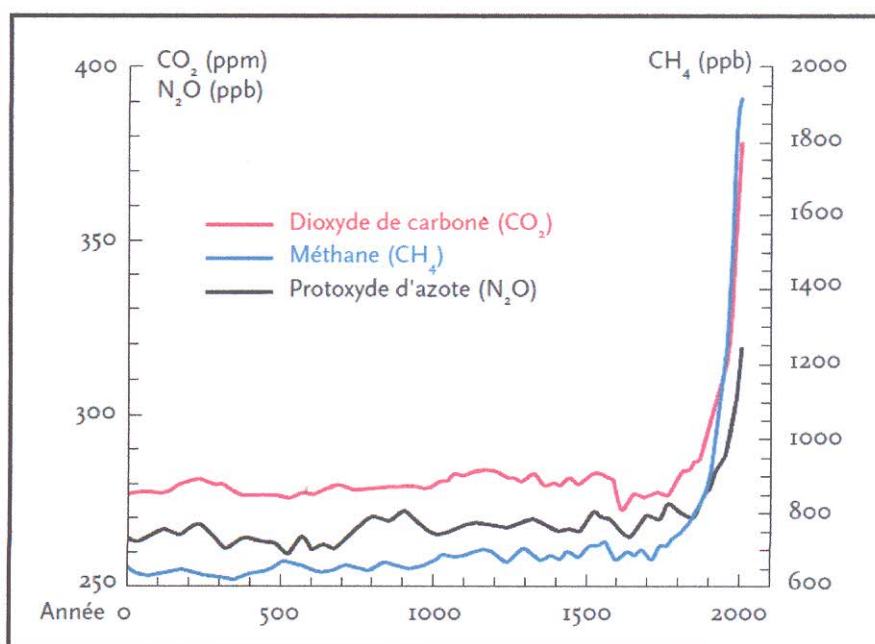
Fig. n°1 : Evolution de la température durant la période 1850-2011 dans le monde.
(Source : RAC-F, 2011)



Ces changements peuvent être dus à des facteurs naturels qui se font sur de très longues périodes, ce qui implique une certaine adaptation des espèces animales et végétales. Ils s'expriment principalement par des processus intrinsèques à la Terre (courants marins, position de la terre, activité volcanique...) et des influences

extérieures (variations de l'activité solaire). (RAC-F, 2011). Tandis que l'action de l'homme est multiforme et son influence sur le climat très complexe. Les activités industrielles conduites par l'homme et l'utilisation massive d'énergies fossiles génèrent des quantités croissantes des gaz à effet de serre (GES)¹ (Fig. n° 2). Des gaz qui permettent certes de produire l'effet de serre mais qui, en trop grandes quantités, poussent la température globale à des niveaux artificiellement élevés qui à leur tour altèrent le climat. (UE, 2008)

Fig. n° 2 : Concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
(Source : GIEC 2007)



Par conséquent, ces impacts touchent déjà et toucheront de manière variable probablement d'une région à l'autre, à l'augmentation des températures et dérèglement des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes, à la perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, à la hausse du

¹ Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre. Les principaux gaz à effet de serre émis par l'activité humaine sont : la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et l'ozone (O₃). (GIEC, 2007)

risque de famines, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé...etc. (GIEC, 2007)

En Afrique du Nord, la vie des populations est historiquement liée au climat et ses fluctuations. Les données climatiques relevées dans la région durant le 20^{ème} siècle indiquent un réchauffement à plus de 1°C avec une tendance accentuée les 30 dernières années. Ces données montrent aussi une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et des inondations. Ainsi on est passé ces dernières années d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle, à cinq à six années de sécheresses en dix ans. (OSS, 2007)

En plus, ils représentent une véritable menace pour le développement socio-économique de la région, car l'économie est très dépendante des ressources en eau, de l'agriculture, du tourisme et du littoral. Au regard des évolutions tendancielle des paramètres climatiques, les impacts des changements climatiques toucheront les secteurs clés de l'économie, affectant ainsi le développement socioéconomique des pays.

En Algérie, pays méditerranéen, aride à semi-aride, chaque année, presque toutes les wilayas subissent, impuissantes, les conséquences tragiques des inondations ou de la sécheresse et les risques de désertification restent très élevés. Les changements climatiques observés à l'échelle globale de la planète se sont traduits en Algérie par : (PNUD, 2010)

- *Les ressources en eau* : La modification des précipitations à la fois sur le plan de la répartition dans le temps et de l'intensité, contribue à la modification quantitative et qualitative du potentiel en eau actuellement mobilisable, qu'elle soit superficielle (dérèglement des régimes des oueds, des crues avec des inondations qui se manifestent, le plus souvent de façon catastrophique) ou souterraine (diminution du niveau de la nappe phréatique).
- *La sécheresse et la désertification* : Les changements climatiques risquent d'aggraver le processus de dégradation des sols et de désertification, fragiliser

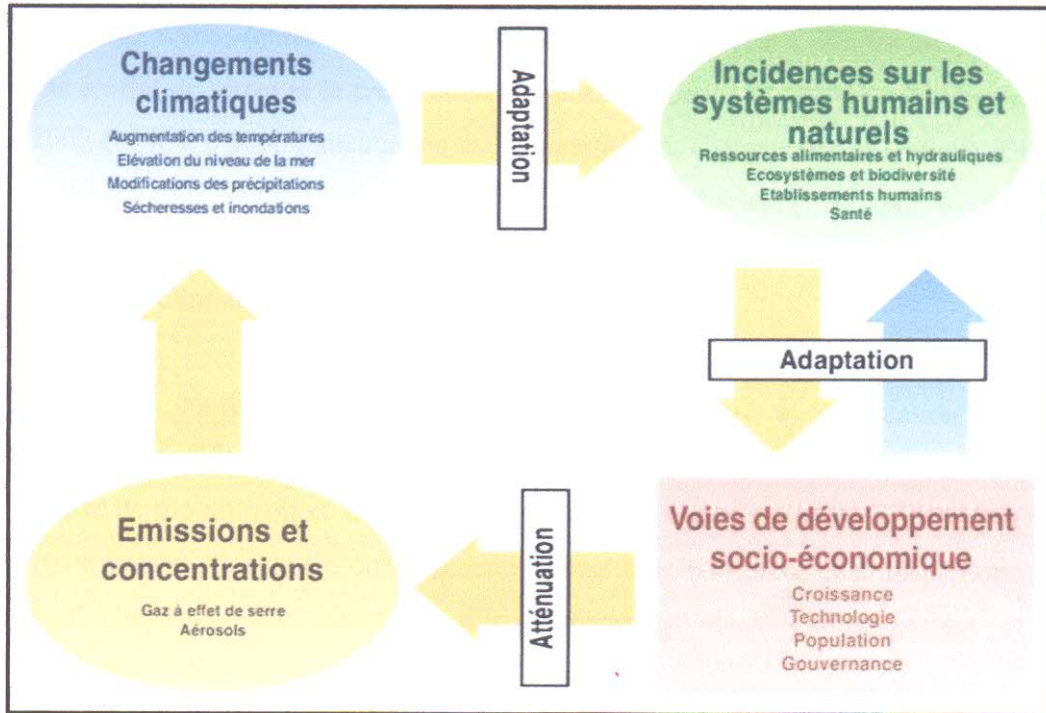
les écosystèmes les rendant plus vulnérables à la moindre perturbation et accélérer le rythme de dégradation des ressources biologiques. Les régions arides deviendront plus chaudes et pas davantage humides. Les déserts deviendront par ces faits plus extrêmes. La désertification risque de devenir irréversible d'autant plus que l'environnement deviendra plus sec et que les sols seront dégradés par l'érosion et le tassement.

- La baisse de fertilité des sols, une érosion de la biodiversité, un déplacement des étages bioclimatiques ainsi que des risques parasitaires et sanitaires multiples.

Enfin, le changement climatique semble inéluctable aujourd'hui et à l'avenir probablement plus fréquent et plus fort, et pourrait avoir un impact significatif sur notre environnement et nos modes de vie, provoquant de véritables catastrophes humanitaires, notamment autour du Bassin Méditerranéen où les caractéristiques physiques, climatiques et socioéconomiques déterminent un niveau de risque élevé.

Par conséquent, il est urgent de penser à la problématique climatique, au confort et au bien-être de la population et à la préservation de l'environnement. Les organismes environnementaux jugent que l'adaptation est nécessaire, mais ne doit pas faire oublier l'atténuation, car plus le réchauffement sera important, plus les coûts de l'adaptation monteront en flèche, ou bien, plus l'atténuation sera efficace, moins l'adaptation sera coûteuse. (Fig. n°3) Alors, il faudra forcément s'adapter car le climat a déjà commencé à changer (PCTGD, 2010).

Fig. n °3 : Changements climatiques, causes et effets.
(Source : PCTGD 2010)



L'atténuation² permet de préserver le climat avec un effet à moyen et long terme du fait de l'inertie climatique (limitation à l'énergie pour exemple d'éviter le gaspillage et réduire sa consommation d'énergie en isolant son logement, en s'équipant d'appareils économes, en se déplaçant le moins possible en voiture ou en avion). L'adaptation³ permet de préserver nos sociétés contre les effets du changement climatique à court et moyen terme (limitation à la sécurité et aux risques pour exemple de préservé les écosystèmes et respecter les lois d'urbanisme).

3. Problématique spécifique :

L'Algérie étant vulnérable aux changements climatiques sur le plan naturel et environnemental, économique et social, écologique et urbain, a mis en œuvre une

² Consiste à limiter l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'air, en diminuant les consommations énergétiques, en améliorant la performance et en développant les énergies renouvelables. (PCTGD 2010)

³ Recouvre les mesures prises pour faire face à l'évolution du climat par exemple à l'augmentation des précipitations, à la hausse des températures, à la raréfaction de la ressource en eau...Il s'agit de prendre en compte les changements actuels mais aussi d'anticiper les changements à venir. L'adaptation vise à réduire les risques et les dommages liés aux incidences négatives actuelles et futures de manière économiquement efficace et le cas échéant à tirer profit des avantages possibles. (PCTGD, 2010)

politique nationale d'environnement et de développement durable, par son adhésion au protocole de Kyoto (entré en vigueur en février 2005, qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre) et la création de l'Agence nationale du changement climatique en 2005 (ANCC), pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Elle a présenté, en 2001, sa première communication nationale initiale (CNI) dans le cadre de la conférence des parties de la convention cadre des nations unies pour les changements climatiques (CCNUCC).

Dans ce contexte notre objet d'étude sera consacré à l'évaluation de la vulnérabilité de l'écosystème oasien face aux changements climatiques. En effet, il est important de promouvoir et conserver ce patrimoine naturel et architectural, qui a fait preuve à travers l'histoire d'une étonnante capacité de résistance et d'adaptation. Il a joué et continuera de jouer un rôle fondamental dans l'aménagement et le développement des zones arides.

Or, le changement climatique provoque une accélération de la fragilité de cet écosystème qui peut subir les impacts les plus menaçants au vu de son extrême vulnérabilité allant de la dégradation à l'abandon d'oasis entières. Ces impacts se traduisent clairement en risques élevés de désertification, de dégradation des ressources en eau et en sol, ainsi qu'en perte de biodiversité faunistique et florale (Ben Saleh, 2012). Ces risques affecteraient négativement la productivité de ces écosystèmes réduisant leur rôle social, écologique et économique dans les régions arides et sahariennes de notre pays.

A titre d'exemple, dans la vallée du M'Zab l'oasis de Ghardaïa qui illustre notre propos, présente une problématique réelle de vulnérabilité climatique au regard des phénomènes extrêmes d'inondations (crue de 2008), de vents qu'elle subit régulièrement et de baisse des précipitations à l'origine de la modification du microclimat tel que le prouve la périodicité des événements extrêmes.

- Crue du 02 Juin 1991. De nombreux dégâts. (Photo n°1).
- Crue du 30 septembre 1994.

- Chute de neige en 2003 à Ghardaïa (Photo n°2).
- Chute de grêles à l'origine de la crue de 2004. Des dégâts matériels importants.
- La dernière, celle du 1er octobre 2008: Six jours d'écoulement, pertes humaines considérables (43 morts, 86 blessés, 4 disparus. et plus de 5000 familles sinistrées), a provoqué la destruction des infrastructures et des immeubles (plus de 2370 immeubles détruits), des dégâts matériels très importants, la destruction du système d'irrigation traditionnel des palmeraies et les vieux barrages traditionnels. (Photo. n°3)

Photo. n °1 : Crue de 2 Juin 1991
(Source : Babker, 2010)



Photo. n °2 : Chute de neige en 2003
(Source : Babker, 2010)



Photo. n °3 : Crue du 1er Octobre 2008
(Source : Ben Saha, 2011)



4. Hypothèse, objectifs et méthodologie de recherche :

Sous l'effet des **Changements Climatiques**, les **crues** et les **sécheresses** (événements extrêmes) risquent de devenir **plus fréquentes** et **plus intenses**, d'où la **nécessité** de prendre des mesures **d'atténuation** et **d'adaptation** auxquelles **l'urbanisme peut contribuer efficacement**.

Dans le cas particulier de l'écosystème oasien, les questions qui se posent sont :

- **Quelles sont les impacts des changements climatiques?**
- **La vulnérabilité de l'écosystème oasien est-elle due uniquement à des facteurs environnementaux ? Ou bien est-elle aggravée par des facteurs anthropiques significatifs ?**
- **Quelles seraient la stratégie à adopter en matière d'atténuation et d'adaptation au changement climatique ?**

Par conséquent, notre **hypothèse** de recherche s'énonce comme suit :

- **La vulnérabilité de l'oasis de Ghardaïa serait davantage aggravée par les facteurs anthropiques qu'environnementaux.**

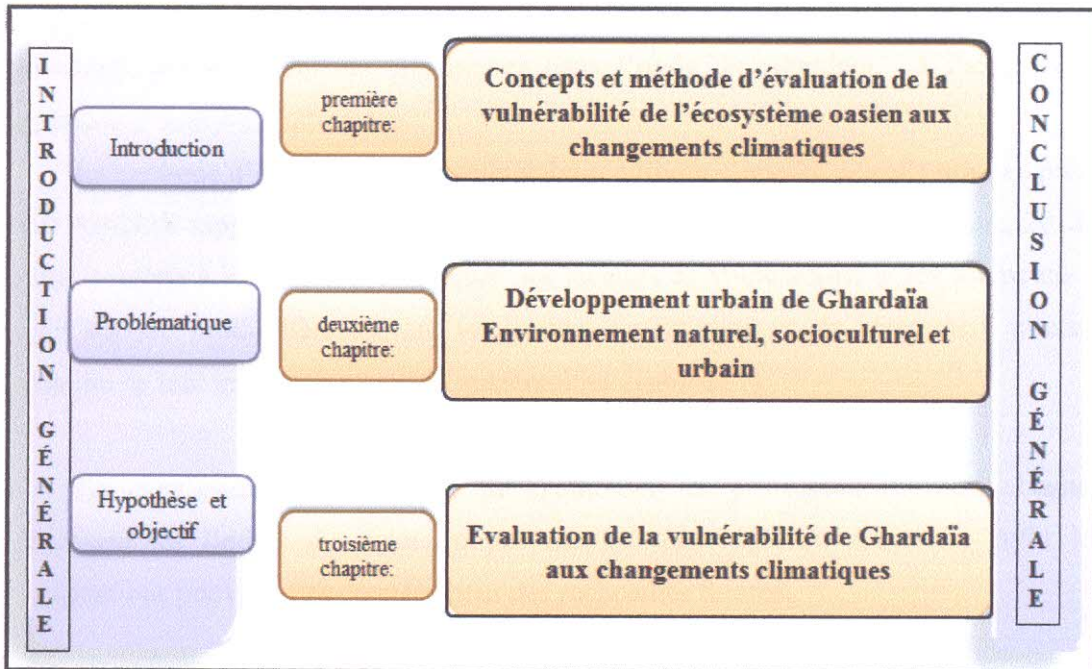
L'objectif étant de :

- Identifier les facteurs environnementaux d'exposition et anthropiques de fragilité de la vulnérabilité aux changements climatiques d'un écosystème oasien donné,
- Evaluer leur niveau d'implication respective dans son aggravation.
- Vérifier l'hypothèse émise.
- Emettre des recommandations

Notre recherche est consistée en une exploration systématique des documentations des références bibliographiques (études, rapports, cartes, plans, outils institutionnels) pour définir le thème proposé et notre cas d'étude, en plus d'une visites de terrain, et entretiens ciblés aux principaux acteurs concerné.

Afin de confirmer ou infirmer cette hypothèse, la recherche s'organise comme suit :

Fig. n °4 : Plan de la structuration du mémoire.



Le présent mémoire se compose d'une Introduction générale, trois chapitres, puis une conclusion générale (Fig. n °4) , comme suit :

Chapitre 1 : Principalement théorique, voué entièrement à comprendre et éclaircir les concepts généraux auxquels se réfère la recherche. Il a pour objectif d'identifier les facteurs et indicateurs généralement de la vulnérabilité aux changements climatiques. Basé sur la consultation des sources bibliographiques et documentaires.

Il est consacré en premier lieu à la connaissance de l'écosystème oasien, structure et fonctionnement, et en deuxième lieu à la compréhension de la vulnérabilité urbaine aux changements climatiques.

Chapitre 2 : Dans le deuxième chapitre, nous abordons l'analyse de l'environnement et milieu physique urbain et socioculturel de l'oasis de Ghardaïa. Il se base sur une analyse bibliographique des documents, cartes et visite de terrain. pour

définir les différents indicateurs caractéristiques des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa,

Chapitre 3 : Nous procédons à l'évaluation de la vulnérabilité de l'oasis de Ghardaïa aux changements climatiques dans l'oasis de Ghardaïa, à l'aide d'une méthode d'analyse multicritère.

La méthode d'évaluation de la vulnérabilité utilisée s'inspire de celle mise au point par AROUA rapportée au phénomène des changements climatiques (AROUA, 2012). Elle consiste à identifier, puis évaluer les facteurs de vulnérabilité et les soumettre à une analyse multicritère suivant un barème de notation et de classement prenant compte de leur implication dans la vulnérabilité (Tableau 1).

La conclusion générale tente de synthétiser les principaux résultats obtenus, explique les limites du mémoire par rapport aux objectifs annoncés, enfin les orientations pouvant être données pour des recherches futures.

Tableau. n °1 : Modèle de tableau AMC adopté dans le cadre de la présente recherche.

Facteurs d'exposition ou de fragilités							
Facteurs Composantes	Critère 1		Critère 2		Critère 3		Note d'expo/fragilité par Composante
	<i>Indic</i> 1.1	<i>Indic</i> 1.2	<i>Indic</i> 2.1	<i>Indic</i> 2.2	<i>Indic</i> 3.1	<i>Indic</i> 3.2	
<i>C1</i>							
<i>C2</i>							
<i>C3</i>							
Note d'indicateur							Note globale
Note du critère							

Dans le cas du changement climatique, la vulnérabilité est évaluée par rapport aux critères et indicateurs qui la désignent et qui sont : l'exposition et la fragilité. Dans

Vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques cas de Ghardaïa

Mémoire de Master. EPAU 2014

Messaoud HINANA

notre cas, les facteurs environnementaux d'exposition consistent essentiellement en indicateurs climatiques, hydrographiques et géomorphologiques. Tandis que les facteurs anthropiques de fragilité sont portés par des indicateurs urbanistiques, socioéconomiques et techniques.

CHAPITRE 1 :

**Concepts et méthode d'évaluation de la
vulnérabilité de l'écosystème oasien aux
changements climatiques.**

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'outillage théorique, concepts généraux et méthode d'évaluation liés au thème de recherche. Sera cité en premier lieu, l'écosystème oasien, structure et fonctionnement, qui évolue dans une vaste étendue désertique sous des conditions climatiques et hydrographiques hostiles. La terre, l'eau et l'ingéniosité des hommes, en font une spécificité riche d'expériences et de valeur et confèrent à cet espace les caractéristiques d'un refuge et d'un lieu de vie qui offre un équilibre écologique parfait.

L'écosystème oasien est aujourd'hui menacé par les changements climatiques dus aux activités humaines et devient vulnérable par des événements non purement climatiques et environnementaux, mais en interaction avec des conditions anthropiques liées au milieu urbain et physique.



1.1. L'ECOSYSTEME OASIEN, STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT :

L'oasis est un établissement humain dans un milieu marqué par l'aridité⁴, renfermant un mode de vie ancestral basé sur un mode de gestion traditionnel qui a prouvé son efficacité au fil du temps, en creusant la terre pour faire jaillir l'eau afin de créer de véritables îlots de verdure. Les actions de l'homme sont traduites par des pratiques entretenues que ce soit sur l'organisation et la pratique ou sur leur environnement avec ses composantes physique et naturel. C'est un savoir-faire traditionnel adapté à son environnement, qui manifeste une conscience suffisante des différents facteurs de production, d'exploitation et de pérennité de l'écosystème oasien.

Durant des siècles de pratique, l'homme de l'oasis a su développer, mettre à l'épreuve et adapter un ensemble de techniques de conduite et de durabilité en fonction des particularités naturelles écologiques et socioéconomiques spécifiques du milieu aride. Ce savoir-faire, transmis d'une génération à l'autre, s'est vu continuellement perfectionné pour s'adapter aux circonstances nouvelles. La variété de son adaptation aux contextes physiques locaux, illustre nettement les capacités du génie humain à modeler cet environnement hostile.

1.1.1. Définition et composantes de l'écosystème oasien :

L'oasis est un mot grec qui dérive de l'égyptien et qui correspond, dans le désert, à une petite région où la présence de l'eau permet la culture. On compare le désert à une mer dans laquelle l'oasis serait une île; ainsi l'oasis serait un îlot de verdure dans un désert. (Boudjellal, 2009). Selon Le Petit Larousse, une oasis est une petite terre fertile

⁴ Les milieux arides sont des zones où règne un climat désertique ou semi désertique. Par le terme «désert», on entend toute étendue ou tout espace aride au sol dénudé, un milieu terrestre soumis à la sécheresse en raison d'une importante évaporation et/ou de précipitations faibles et souvent irrégulière (inférieur à 150mm). Les contraintes climatiques (l'aridité, les contrastes thermiques, le vent qui accroît la sécheresse) rendent ces milieux difficiles pour l'éclosion et le développement des êtres vivants. L'aridité n'est pas identique dans tous les déserts puisqu'elle résulte de la situation géographique. Elle dépend de la combinaison entre les précipitations totales, leur répartition saisonnière et les températures. Malgré l'adaptation de quelques plantes, la couverture végétale y est très discontinue, ponctuelle le plus souvent, quand elle n'est pas totalement absente. Aussi, sur de vastes étendues, la roche apparaît-elle à nu, quelle que soit sa nature. (Boudjellal, 2009)

(flot) dans le désert grâce à la présence d'eau. Elle se singularise par la présence d'un couvert végétal qui atténue l'aridité du climat désertique environnant.

Les oasis sont des systèmes et paysages intimement liés à l'action de l'homme caractérisés par ⁵: (Skouri, 1990).

Sur le plan géographique : l'oasis est définie comme un îlot de survie (ou de prospérité) dans un milieu aride.

Sur le plan bioclimatique : l'oasis est un microclimat créé par l'homme en milieu aride et induit par l'étagement des cultures.

Sur le plan agronomique: il s'agit d'un agrosystème intensifié établi dans un espace isolé situé en milieu désertique.

Sur le plan socio-économique : il s'agit d'un lieu de sédentarisation urbain et d'intenses activités économiques et socioculturelles dans un environnement désertique.

Les oasis constituent des écosystèmes uniques, riches en composantes biotiques (faune, flore et micro-organismes), favorisés depuis longtemps par une gestion rigoureuse des ressources naturelles et de l'espace, soutenus par un savoir-faire ancestral ingénieux et performant. C'est un territoire circonscrit à la présence du palmier, point d'ancrage économique et culturel, où la vie est organisée autour de la gestion de l'eau dans un environnement marqué par l'aridité. (Skouri, 1990)

Les écosystèmes oasiens se définissant aussi comme des entités écologiques de conception humaine pour assurer une stabilité socio-économique locale. Ils peuvent cependant subir les impacts les plus menaçants au vu de leur extrême vulnérabilité aux changements socio-économiques et environnementaux, notamment climatiques. (Ben Saleh, 2012).

⁵ A partir de ces définitions, nous pourrions identifier les critères généraux de vulnérabilité d'exposition et de fragilité de l'écosystème oasien face au changement climatique.

L'écosystème oasien est constitué de trois composantes principales : l'eau, la palmeraie et le ksar.

- L'eau :

L'eau est le facteur essentiel qui est à l'origine même du concept d'oasis. Il est à l'origine des systèmes cultureux et d'organisation de l'espace qui dépend de l'accès à l'eau.

Les oasis traditionnelles ont été établies à partir de ressources en eau facilement mobilisables. A chaque structure géologique correspond une réponse propre, un mode d'utilisation des eaux spécifique, soit superficielles ou souterraines: ici le captage de sources, là la dérivation de l'oued, là-bas le forage artésien, ailleurs le creusement de galeries appelées "foggara." Chacune de ces formes d'irrigation induit un type d'organisation spatiale spécifique du terroir. Leur appropriation et partage sont régis par des règlements et des codes coutumiers liés à l'organisation et au fonctionnement de la société. (Bencherif, 2007).

Aujourd'hui, les modes d'alimentation en eau sont uniformes (la motopompe et le forage se sont généralisés), mais l'agencement reste, aussi varié qu'autrefois, perpétuant l'organisation initiale.

- Les palmeraies :

Les palmeraies sont composées de trois strates (Fig. n °5):

- *La strate arborée (ou l'étage phoenicicole)* : Charpente du système oasien qui joue un rôle agro-climatique en offrant le microclimat par "effet oasis" et un rôle socio-économique important. La production dattier est la principale production de la majorité des systèmes oasiens et constitue le point focal de la stratégie productive de l'exploitant.

- *La strate arbustive* : Cet étage permet d'une part un niveau d'intensification et d'occupation verticale de l'espace oasien et d'autre part la valorisation des ressources en eau apportées au palmier.

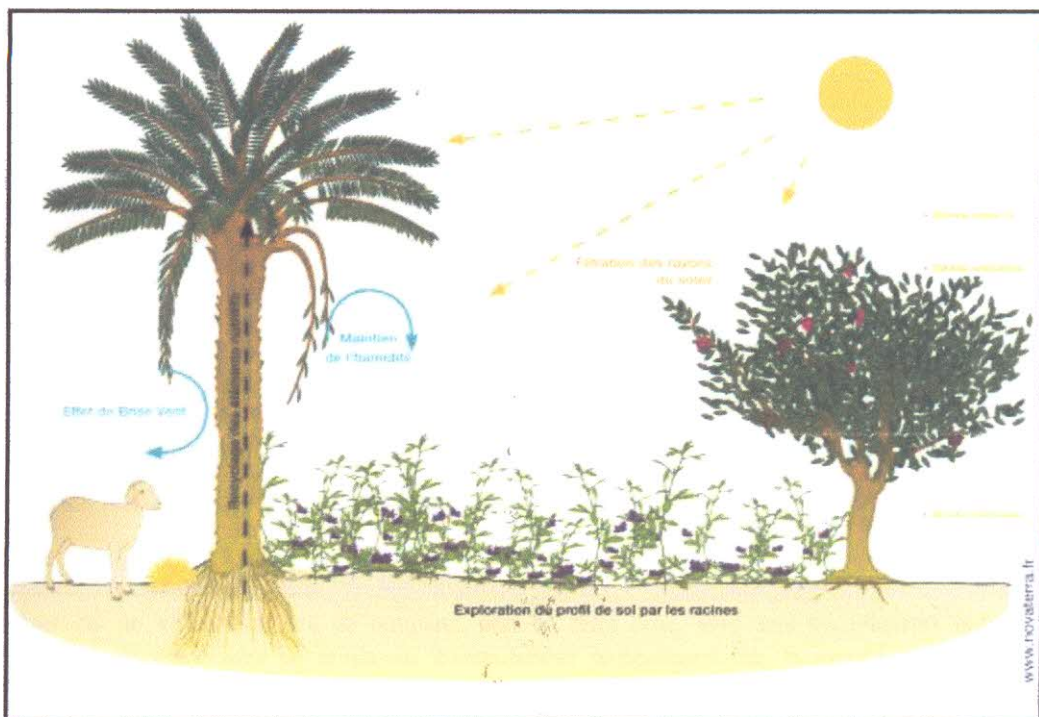
Selon les cas, cet étage peut jouer un rôle important dans la diversification de la production agricole et contribuer à augmenter le revenu agricole des exploitants (ex : pommiers, orangers, abricotiers, grenadiers,...)

- *La strate herbacée (ou étage inférieur)* : Cet étage permet d'atteindre un niveau double d'intensification en ce sens où il permet l'intensification verticale du système et l'intensification temporelle à travers deux principales campagnes agricoles et de productions fourragères (la campagne d'hiver et la campagne d'été).

Cet étage permet l'intégration de la production animale qui constitue un facteur important pour l'équilibre économique des écosystèmes oasiens. Il permet de valoriser les fourrages et les sous-produits disponibles dans les oasis, l'amélioration de l'état nutritionnel des populations, la diversification de leurs sources de revenus (la production de lait et viande) et le développement des activités artisanales (produits de poils, laines, peaux et cuirs)

En plus, l'oasis joue le rôle de refuge et de lieu de survie ou de passage pour une multitude d'espèces et de populations animales qui ne peuvent pas faire face aux rudes conditions environnementales de ces régions arides. (www.raddo.org).

Fig. n °5: Culture en étage dan l'oasis.
(Source : www.raddo.com)



- le cadre bâti :

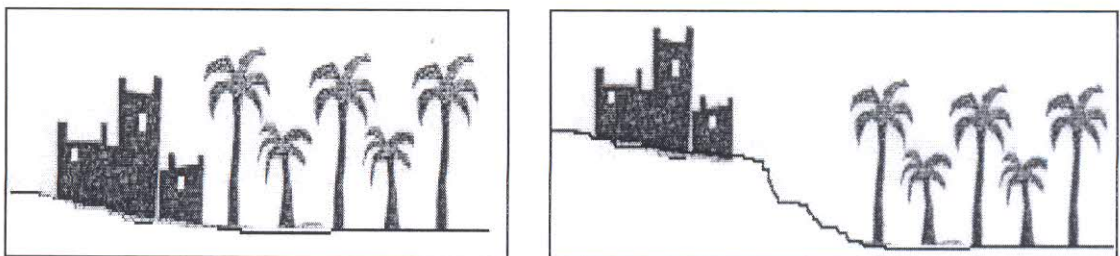
Les oasis sont bâties sur une gestion rigoureuse des ressources rares en terre et en eau dans une alliance avec le palmier dattier (le résultat de diverses causes soit symbolique ou historique chargées de sens, liées au climat, à la présence de l'eau, à la disponibilité du matériau et au site géographique), sous forme de constructions sociales, écologiques et économiques très complexes. (Cournoyer, 2004).

L'urbanisme et le cadre bâti dans les oasis est spécifique et se présente comme suit:

- Les ksour et les casbahs comme mode d'urbanisation et d'habitation de l'oasis.
 - L'architecture en terre comme manière durable de construire dans les oasis.
 - Les bâtiments ou sites à intérêt architectural ou patrimonial (monumental).
- (Bencherif, 2007).

Du point de vue architectural et fonctionnel, le ksar est en relation spatiale avec la palmeraie, forme le couple le mieux adapté aux conditions climatiques dans les milieux arides. Par conséquent, ils peuvent être en relation horizontale ou verticale par rapport la topographie de site (Bencherif, 2007)⁶.

Fig. n °6-7: Relation palmeraie cadre bâti.
(Source : Boudjellal, 2009)



L'ensemble de cadre bâti d'oasis constitue d'une part une unité autonome (cité, ksar, casba), implanter en hauteur avec les palmeraies, et d'autre part, des unités d'éparpillés implanté horizontalement à l'intérieur des palmeraies (Fig.6-7).

⁶ Un ksar est un village entouré de remparts, bâti en terre crue, avec une ou plusieurs entrées monumentales et comprenant un minimum d'installations communautaires: la mosquée, les bains, l'école coranique, la place publique et parfois un fondouk (l'équivalent d'un hôtel). Une kasbah est, par contre, une habitation mono familiale, aussi grande soit elle. (Cournoyer, 2004).

Le succès de ce type d'urbanisme et d'architecture tient au fait que les matériaux ayant servi à leur édification est disponible sur place : la terre, la pierre, le bois et les feuilles de palmiers et autres arbres présents dans les oasis. (Bencherif, 2007).

1.1.2. Fonctions et types d'écosystèmes oasiens :

Les oasis naissent du désert, tirant profit au maximum des conditions de leur situation. Le climat est le premier facteur à prendre en considération⁷. Néanmoins leur développement et leur survie tiennent compte de la conjonction possible de quatre facteurs (Cournoyer, 2004) :

- Le niveau de la nappe phréatique et le mode de prélèvement de l'eau.
- La présence de terres alluviales cultivables.
- La protection contre les vents.
- La chaleur.

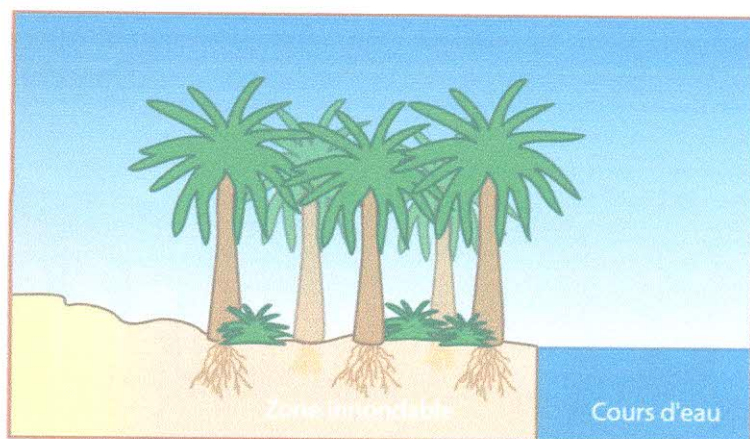
Les oasis se distinguent suivant la technique d'exploitation de la ressource en eau, ainsi que la nature du sol et sa topographie. On distingue quatre types :(www.raddo.org)

- *L'oasis fluviale* : ou de l'oued, approvisionnée en eau des oueds⁸ : exemples en Algérie les Oasis du Ghoufi, du M'Zab et de l'Oued Béchar).

⁷ L'aridité est le point commun à l'ensemble des systèmes oasiens, mais ces caractéristiques varient d'une zone à une autre en fonction de différents paramètres (continentalité, topographie, caractéristiques des vents...). Ainsi, on distinguera notamment les zones arides soumises à l'influence méditerranéenne et les zones arides sahélo-sahariennes.

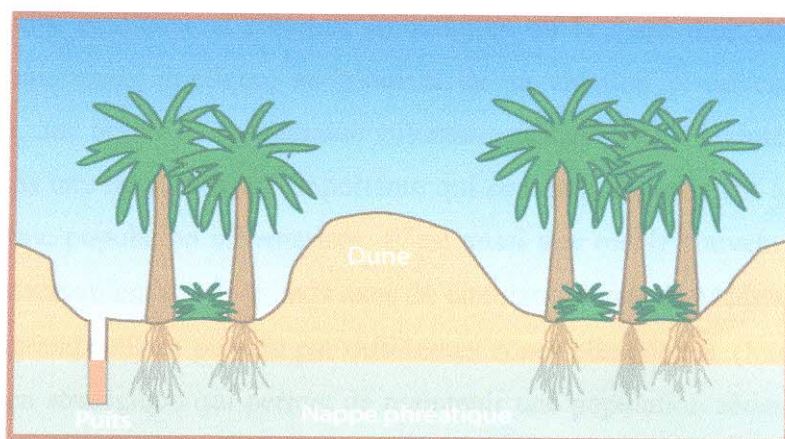
⁸ Une oasis peut se développer juste à côté d'un cours d'eau. Dans ce cas, des canaux d'irrigation viennent puiser l'eau directement dans l'oued. Le cours d'eau peut aussi être détourné en amont de la rivière et suivre la pente naturelle pour irriguer les régions de l'oasis situées plus en hauteur. Des tunnels sont même creusés sous les cours d'eau pour permettre des systèmes d'irrigation complexes et amener l'eau dans les zones escarpées de part et d'autre du cours d'eau. (www.relaisdsociences.org)

Fig. n °8: L'oasis fluviale.
(Source : www.relaisdsociences.org)



- L'oasis située au-dessus d'une nappe phréatique⁹ : exemple L'oasis située dans les dépressions de l'Erg, l'oasis de Ouargla.

Fig. n °9: L'oasis située au-dessus d'une nappe phréatique.
(Source : www.relaisdsociences.org)

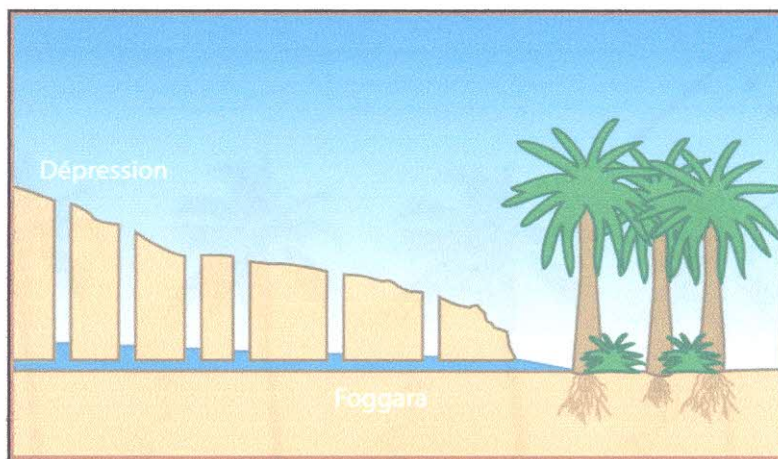


L'oasis située au pied d'une foggara¹⁰ : exemples oasis d'Adrar et de Timimoune.

⁹ Une oasis peut se former lorsqu'une nappe d'eau souterraine est suffisamment proche de la surface pour creuser un puits. Des systèmes d'irrigation et de pompage sont alors installés pour faire remonter l'eau et la distribuer à toutes les parcelles de l'oasis.

¹⁰ Une oasis de dépression alimenté en eau par les foggaras (Khetaras au Maroc, Qanat en Iran), sont des systèmes de récupération d'eau très sophistiqués. Un premier puits est creusé jusqu'à une nappe phréatique profonde. De là, un second tunnel presque à l'horizontal, mais avec une légère pente, est creusé. L'eau est ainsi transportée jusqu'à la surface par la seule force de gravité. Tous les 50 mètres un

Fig. n °10: L'oasis située au pied d'une foggara.
(Source : www.relaisdsociences.org)



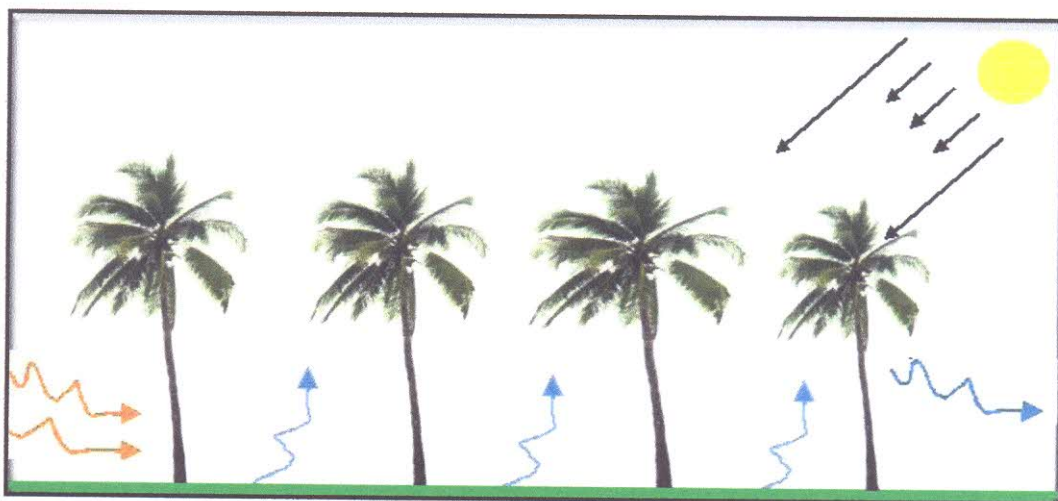
Même si l'oasis est pour les agronomes un lieu de production où s'organise et se concentre l'activité agricole, ses multiples autres fonctions évoluent dans le temps.

L'oasis est un lieu d'habitation fréquenté lié à l'eau. Mais la seule présence de l'eau ne suffit pas pour expliquer la création, le maintien ou la disparition de l'oasis. La constitution d'une oasis implique, au moment de sa création et au cours de son développement, une organisation humaine volontaire susceptible de maintenir loin des régions peuplées une main d'œuvre importante qui construit et entretient les systèmes d'irrigation et une population sédentarisée. C'est aussi une escale souvent obligatoire lors de trafics caravaniers sur de grands axes de circulation entre la Méditerranée et le reste du pays (grand sud) en passant par différentes zones climatiques. (Skouri, 1990). Ainsi est un lieu stratégique qui permet de maintenir une population sédentarisée aux confins des frontières des pays du pourtour saharien.

L'oasis fut et reste le thermostat du Sahara. Grâce à son rôle dans la stabilisation des dunes, la protection des sols, de la faune et la flore et la réduction de la pollution de l'air, elle contribue à l'équilibre écologique.

puits vertical est creusé pour s'assurer de la bonne orientation du tunnel. Certains de ces tunnels s'étendent ainsi sur plusieurs kilomètres sous terre. (www.relaisdsociences.org)

Fig. n °11 : Effet bioclimatique de l'oasis.
(Source : Boudjellal, 2009)



L'oasis est une zone nettement différente de l'espace environnant. Il est vrai que la verdure, quelle que soit sa densité, constitue un paysage exceptionnel et un microclimat favorable interne à l'oasis. Le végétal absorbe le gaz carbonique et produit de l'oxygène. Cette fonction, en plus d'assurer la pérennité de tout être vivant, présente un intérêt certain en milieu urbain. En effet, l'évapotranspiration des végétaux humidifie l'air et l'émission de vapeur d'eau permet de maintenir l'équilibre entre le sol et l'atmosphère, avec une répartition verticale de l'énergie rayonnante qui est distribuée en fonction des strates végétales. Par ailleurs, les végétaux purifient l'atmosphère par la fixation de poussières sur les feuilles. Les forêts de palmeraies coupent et cloisonnent le bruit et créent des zones de calme relatif dans les milieux urbains. (Boudjellal, 2009).

1.2. VULNERABILITE URBAINE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES :

La première idée que l'on se fait du concept de vulnérabilité rappelle ce qui peut être blessé. Elle traduit dans le langage commun, une faiblesse, une déficience, un manque, une grande sensibilité spécifique, à partir desquels l'intégrité d'un être, d'un lieu, se trouve menacée d'être détruite ou diminuée. Elle peut aussi être considérée comme un état de moindre résistance aux nuisances et aux agressions. Il faut donc prendre en considération son existence afin de l'intégrer comme une part d'imprévisibilité, une marge d'erreur. (Hubert, 2004)

Il n'existe pas de définition universellement acceptée car le concept de vulnérabilité peut avoir de nombreux sens, a tendance à être assimilée à une situation de pauvreté ou de marginalisation, ou tout autre concept justifiant d'une situation défavorisée d'une certaine tranche de la population mise en danger lors de l'impact d'un phénomène extrême. (Fernini, 2008).

1.2.1. Concept et formes vulnérabilité :

La vulnérabilité est la probabilité de voir une situation, ou les conditions nécessaires au maintien de la stabilité de cette situation, se dégrader ou se détériorer, quels que soient les moyens mis en œuvre face aux fluctuations de l'environnement. C'est donc la propension plus ou moins prononcée à subir des dommages et des préjudices (Hubert, 2002). Elle englobe les caractéristiques d'une personne, d'un *groupe de personnes* à la limite de leurs capacités d'anticiper, d'affronter, de résister ou de récupérer de l'impact d'un événement naturel extrême. (Fernini, 2008).

Le groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC) recommande une définition de la vulnérabilité presque exclusivement liée aux changements climatiques: « Degré selon lequel un système est susceptible, ou se révèle incapable, de faire face aux effets néfastes des changements climatiques, notamment à la variabilité du climat et aux conditions climatiques extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la

nature, de l'importance et du taux de variation climatique auxquels un système se trouve exposé, de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation » (IPCC, 2010).

Celle-ci doit être mesurée en fonction des capacités d'adaptation et tenir compte du fait que les impacts et les effets des changements climatiques sont non seulement générés par des causes purement climatiques mais aussi conditionnés par une multiplicité de processus et de facteurs naturels et anthropiques.

L'étude de la vulnérabilité actuelle (liée à la variabilité climatique) permet d'évaluer les risques connus, avec l'objectif de réduire les dangers et d'identifier des actions d'atténuation des risques. Tandis que l'étude de la vulnérabilité future (liée aux changements climatiques) permet d'évaluer les risques connus et potentiels avec l'objectif d'estimer des dangers et d'identifier des capacités et des actions d'adaptation (Winograd, 2004). C'est par conséquent cette dernière qui fait l'objet de la présente recherche.

Il existe diverses formes de vulnérabilité : physique, sociale, économique et environnementale. Ces formes sont confusément liées entre elles, aussi bien que les facteurs qui les composent (Fernini, 2008). Alors que la vulnérabilité physique¹¹ concerne l'environnement bâti, la vulnérabilité environnementale¹² concerne le milieu

¹¹ *La vulnérabilité physique* est essentiellement au lieu et au milieu bâti, appelée aussi vulnérabilité matérielle en référence au développement socio-économique. Il s'agit de maison, bâtiment, installation et équipements tertiaires stratégiques, infrastructure, réseaux électriques, hydrauliques et téléphonique, etc. Elle regroupe tout ce qui a trait à l'environnement bâti. Elle peut être déterminée par des aspects tels que la densité de population, les règlements de construction, l'emplacement, la conception et les matériaux employés pour le bâti et non-bâti. (Fernini, 2008). Les facteurs physiques de vulnérabilité sont par conséquent : le bâti (habitat et logement, équipement), l'infrastructure (routière, ferroviaire et portuaire), les places et espaces publics, services de base (eau, électricité, réseau d'assainissement, de communication et de transport, etc.).

¹² *La vulnérabilité environnementale*, aussi appelée vulnérabilité écologique, se rapporte à l'ensemble des écosystèmes et concerne des aspects très variés tels que l'affaiblissement et la dégradation des ressources naturelles, la perte de résistance des systèmes écologiques et la diminution de la biodiversité, ainsi que le niveau d'exposition aux risques naturels. (Fernini, 2008).

La dégradation de l'environnement d'une manière générale, représente à la fois un risque majeur et un facteur de vulnérabilité. La pollution atmosphérique, le manque d'eau et la mauvaise gestion des déchets, particulièrement en milieu urbain, ont un effet d'entraînement par l'augmentation de la vulnérabilité socio-économique. Tandis que la déforestation, et l'utilisation irrationnelle des terres créent

naturel. La vulnérabilité sociale touche les systèmes social, politique et économique d'une population donnée. La vulnérabilité urbaine serait alors la combinaison de la vulnérabilité physique et sociale. (AROUA, 2012).

1.2.2. La vulnérabilité urbaine aux changements climatiques :

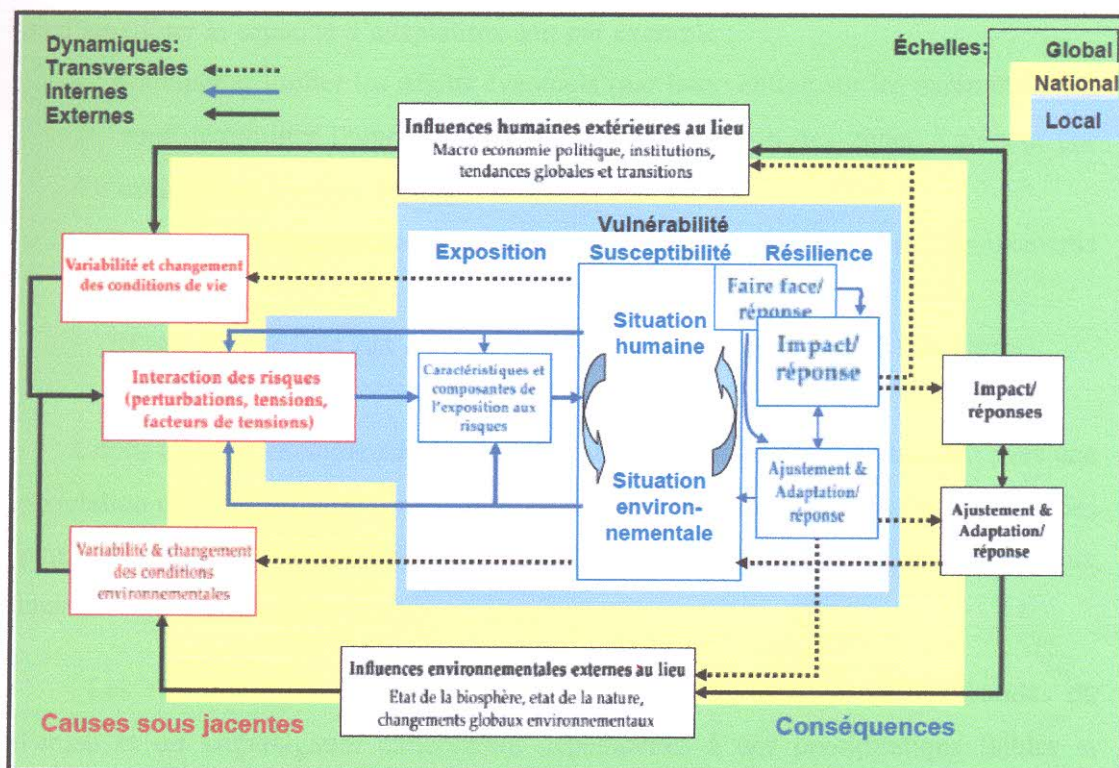
L'évaluation de la vulnérabilité urbaine aux changements climatiques commence par l'identification des risques potentiels majeurs pouvant remettre en cause la stabilité d'une telle organisation, c'est-à-dire par la confrontation des aléas auxquels est soumise la ville avec les enjeux en présence. Ces événements se caractérisent généralement par de nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels, ou des impacts sur l'environnement : la vulnérabilité est alors une mesure de ces conséquences. Il peut s'agir de risque naturels (inondation, incendies, glissements de terrain, séismes, intempéries), d'accident industriels, ou encore de terrorisme, etc. Il s'agit là de facteurs externes, parfois incontrôlables¹³. (Hubert, 2004)

La vulnérabilité aux changements climatiques exprime à la fois le niveau d'exposition au risque et la sensibilité ou fragilité de l'objet ou système exposé. (Aroua, 2012). Elle est approchée à partir de la combinaison d'indicateurs quantifiés d'exposition aux changements climatiques et de capacité d'adaptation en termes économiques et sociaux.

des conditions précaires et favorisent la survenance d'aléas anthropisés qui multiplient inévitablement les effets des catastrophes. (Fernini, 2008).

¹³ Mais on ne peut pas ignorer les difficultés rencontrées en interne, c'est-à-dire dans le fonctionnement même de la ville, dans son organisation du public, de la délinquance lorsque des groupes d'individus sont mis à l'écart, de l'émigration (pertes de ressources humaines) lorsque la ville perd de son intérêt culturel ou économique, ou même de la surpopulation (insuffisance de logements ou de nourriture). (Pouria, 2012).

Fig. n°12 : Vulnérabilité aux Changements climatiques, de l'échelle globale à l'échelle locale.
(Source : Winograd, 2004)



Entre les impacts biophysiques des changements climatiques et les conditions socioéconomiques de l'adaptation, la vulnérabilité caractérise de façon différenciée les territoires et les Etats du monde (Fig. n°12). Elle combine de façon complexe une sensibilité aux changements climatiques et à ses impacts biophysiques (hausse du niveau marin, perturbations du cycle hydrologique, phénomènes extrêmes) et une capacité d'adaptation qui est étroitement associée au niveau de développement dans tous ses aspects : diversité des ressources économiques, capacités technologiques, ressources humaines, financières et culturelles, mais aussi cohérence des sociétés et stabilité des institutions et régimes politiques. (Claude, 2009)

Il est à noter que les conséquences ne sont pas nécessairement une augmentation de la vulnérabilité, mais peuvent aussi être l'émergence d'opportunités ou de gains. Par exemple, une augmentation des températures moyennes hivernales peut permettre des gains sur la facture énergétique. (Sogreah, 2010). Dans cette perspective, les processus d'adaptation à enclencher par l'action publique visent à réduire la vulnérabilité des

systemes ou territoires, avec des actions qui permettent de réduire les impacts effectifs ou d'améliorer la capacité d'adaptation, soit par exemple :

- Anticiper et limiter les dégâts éventuels (par intervention sur les paramètres qui vont déterminer l'ampleur des dégâts : urbanisation des zones à risques par exemple) et profiter des opportunités éventuelles.
- Supporter les changements (y compris en termes de variabilité et d'événements extrêmes).
- Réagir et faire face aux conséquences ou se remettre des dégâts (résilience).

Citons à titre d'exemple **l'Inde**, l'un des pays les plus peuplés du monde, avec une population de 1,14 milliard d'habitants. Son territoire abrite parmi les écosystèmes les plus riches de la planète et représente l'un des pays les plus vulnérables aux changements climatiques.

Les régions arides du Nord (désert du Rajasthan, Kutch) et semi-arides du Penjab et du Gujarat sont entièrement dépendantes à des précipitations faibles et irrégulières alliées à des températures extrêmes et une radiation solaire intense rendant ces régions extrêmement vulnérables. Elles sont exposées aux risques de sécheresse, inondation, désertification, insectes vecteurs de maladies affectant les récoltes et la santé humaine, et font face à des difficultés importantes dues à l'absence de sécurité alimentaire et/ou d'opportunités économiques. (Fernando, 2010)

Ces communautés ne sont pas responsables de la pollution par les gaz à effet de serre, mais seront parmi les plus touchées par cette catastrophe potentielle. Elles sont signataires de la Convention Cadre des Nations-Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) depuis juin 1992 et ont ratifié le Protocole de Kyoto le 26 août 2002. Mais n'ont publié leur Plan National d'Action sur le Changement Climatique qu'en juillet 2008. (Fernando, 2010).

Elles doivent faire face aux conséquences à court et moyen terme du changement climatique à travers une stratégie de développement des régions arides qui implique de s'attaquer au problème de la dégradation des écosystèmes, de généraliser la gestion

durable des ressources naturelles et de valoriser les capacités d'adaptation des populations et des institutions.

Parmi les éléments d'une politique climatique efficace figurent (Fernando, 2010) :

- une approche mettant l'accent sur la justice climatique et le rôle des communautés locales,
- une politique énergétique réduisant la dépendance aux énergies fossiles et favorisant les énergies renouvelables décentralisées,
- une politique agricole tirant les leçons de la Révolution verte et encourageant la petite agriculture biologique
- une politique de recherche scientifique permettant de mieux comprendre le phénomène du changement climatique en Inde.

Les oasis du **Maroc** quant à elles, connaissent une situation de dégradation, exacerbée par les effets additionnels du changement climatique qui préfigurent une accélération considérable de la désertification avec comme corolaire l'abandon et la perte de ces écosystèmes productifs dont le rôle social, écologique et économique reste majeur pour les régions du Sud du Maroc. (PNUD, 2009).

L'évaluation de la vulnérabilité, est la première étape nécessaire de tout plan de prévention du changement climatique dans les écosystèmes oasiens¹⁴. Le Maroc a développé un plan d' : « Adaptation aux changements climatiques pour des Oasis résilientes »¹⁵ dont l'objectif principal est de gérer et de réduire les risques induits par le changement climatique dans les écosystèmes productifs oasiens.

Le gouvernement marocain a effectué un diagnostic, élaboré une stratégie et un plan d'action, à la suite desquels se situe cette proposition de projet. Un triple défi doit être relevé, à la fois humain avec la survie d'une population considérable, écologique avec la lutte contre l'avancée du désert, et culturel avec la disparition d'un patrimoine et d'une mémoire constitutifs de l'histoire du pays.

¹⁴ C'est l'intérêt de l'évaluation de vulnérabilité aux changements climatiques.

¹⁵ Le projet s'inscrit dans le cadre du programme africain d'adaptation aux changements climatiques, et cofinancé par le programme des nations unies pour le développement PNUD, (20 pays participants dans ce programme, ex : Maroc, Alger)

Après la Phase d'initialisation de l'étude sur tous les niveaux, la première étape consistait à évaluer la vulnérabilité aux risques climatiques dans les espaces oasiens en situation actuelle et aux horizons 2030 et 2050, puis la structuration de stratégies et de plans d'actions pour l'adaptation des territoires oasiens au changement climatique et aux phénomènes extrêmes avec la Mobilisation et renforcement des capacités des décideurs et des acteurs locaux. (PNUD, 2009).

Conclusion du Chapitre 1:

L'écosystème oasien, de par sa diversité biologique, culturelle et architecturale, offre des paysages exceptionnellement riches et variés. Il assure de nombreuses fonctions environnementales et fournit une multitude de biens et services de nature sociale, écologique et économique. Les oasis possèdent en effet des atouts et des potentialités qui sont à la base du développement de plusieurs activités humaines telles que l'agriculture, le parcours, le tourisme, l'artisanat et l'industrie.

On peut dire qu'une entité ou un système est vulnérable s'il n'a pas la capacité de réaliser les ajustements nécessaires pour protéger son intégrité, sa pérennité lorsqu'il est exposé à des événements externes défavorables, leurs prédispositions à éviter ou réduire la vulnérabilité dépendent non seulement des ressources dont ils disposent initialement, mais aussi de l'accessibilité et de leur aptitude à utiliser efficacement ces ressources afin de pallier à leurs faiblesses. La vulnérabilité est donc d'autant plus critique si cet aspect n'est pas, au préalable, envisagé.

Du plus simple au plus complexe, les systèmes oasiens sont en équilibre fragile car ils subissent de multiples contraintes comme la pression démographique, les systèmes fonciers trop rigides, les conditions climatiques sévères et la faible capacité de résilience, la rareté de l'eau et la baisse du niveau de la nappe phréatique. Sa vulnérabilité pouvant être aggravée sous l'effet des changements climatiques, il est nécessaire de l'évaluer afin de savoir sur quelle composante agir pour pouvoir la réduire. C'est l'objet du deuxième chapitre.

CHAPIRE 2 :
Développement urbain de Ghardaïa

Introduction

Au cours de son développement historique, la vallée du M'Zab¹⁶ s'est implantée au début du 11ème siècle dans un site marqué par l'aridité, la rareté de l'eau et une topographie spécifique. Dans ces conditions rigoureuses, les populations de Ghardaïa ont pratiqué une rationalité d'occupation du sol qui s'impose pour un équilibre entre bâti, végétation et potentiel en eau (ksar/palmeraies/eau, système hydraulique traditionnel).

Au 20ème siècle et surtout après l'indépendance, la vallée de M'Zab a connu des mutations politiques et socio-économiques qui ont engendré la rupture et la perturbation d'un équilibre millénaire entre l'environnement et le milieu physique. Ces mutations ont affecté l'ancien mode rationnel d'utilisation du sol à tel point qu'à partir des années 1980, la vallée de M'Zab commence à souffrir de façon sérieuse du problème de croissance urbaine et de catastrophes naturel, les palmeraies sont menacées et subissent une désagrégation accélérée surtout dans l'oasis de Ghardaïa.

L'objectif de cette partie est de présenter l'environnement et le milieu physique de Ghardaïa afin d'évaluer leur niveau de vulnérabilité aux changements climatiques par rapport aux facteurs environnementaux et aux conditions anthropiques.

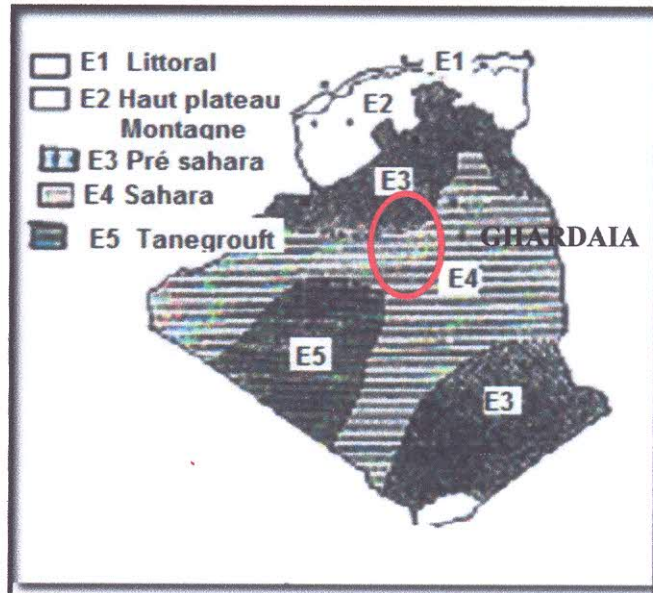
¹⁶ Pour l'histoire, suite à la destruction de Tahert, capitale de l'Etat Rostémide, en 909, les Ibadhites, pionniers de la civilisation du M'Zab, choisirent le chemin de l'exil pour s'installer dans la vallée. Cette colonisation a donné naissance à cinq magnifiques cités construites successivement durant la période allant de 1012 à 1353 le long du lit de l'oued M'Zab et dotées chacune d'une palmeraie. (Ben Youcef, 2010).

2.1. L'OASIS DE GHARDAÏA:

2.1.1. Environnement naturel :

La wilaya de Ghardaïa est située entre les deux zones climatiques pré-Sahara et Sahara (E3 et E4), subit l'influence de l'altitude, 500m < altitude < 1000m, caractérisée par des étés très chauds et secs, et des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants. (Boudjellal, 2009).

Carte. n °1 : Les zones climatiques en Algérie.
(Source : Boudjellal, 2009)



Les escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab qui constitue le centre urbain le plus important du territoire de la wilaya. Au centre de la vallée, la ville de Ghardaïa "porte du désert" est la plus importante, suivie par Bounoura, Daya et EL Atteuf. D'autres oasis gravitent autour de cette ville, telle que Berriane au nord, Guerrara au nord-est, Zelfana à l'est, Metlili au sud, et plus éloignée au Sud El-Ménéa et Hassi-El-Gara. (URBATIA, 2011).

Le climat de la région est saharien caractérisé par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée. Les précipitations sont rares et irrégulières mais l'évaporation est considérable et plus importante que le niveau de précipitations (W. Ghardaïa, 2012).

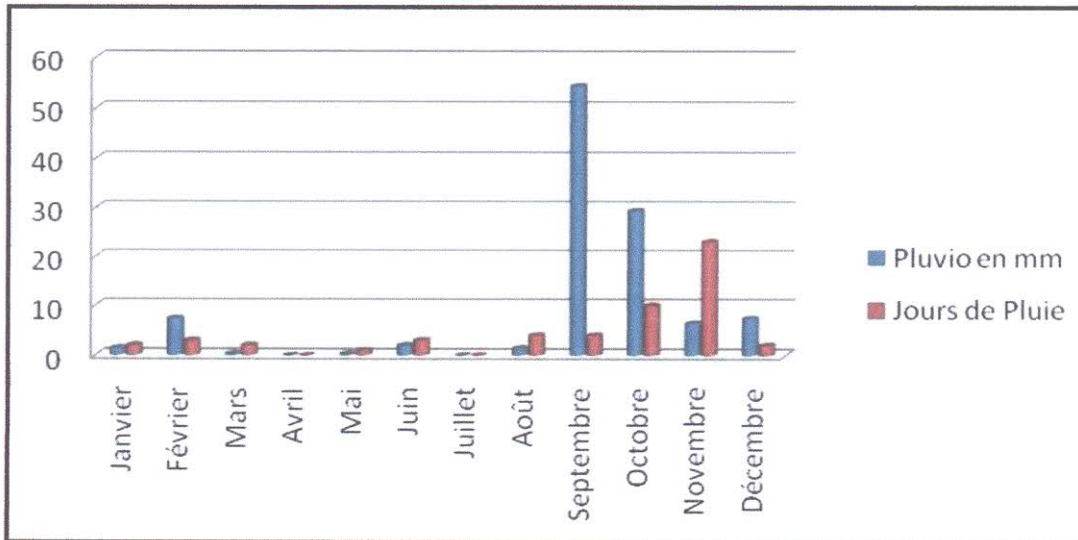
Photo. n °4 : L'oasis de Ghardaïa.
(Source : OPVM, 2011)



La température est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, le maximum absolu de cette période a atteint 47 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 9,2 °C, le minimum absolu de cette période a atteint -1 °C. (W Ghardaïa, 2012)

Pratiquement les pics de température pour les maximas autant que pour les minimas sont atteints durant les deux mois de juillet et août. Cependant l'ascendance de la courbe se fait a partir du mois de Mai, puis commence la régression à partir de Septembre. C'est ce qui apparaît à partir de cette représentation très caractéristique au climat de la vallée. (URBATIA, 2011).

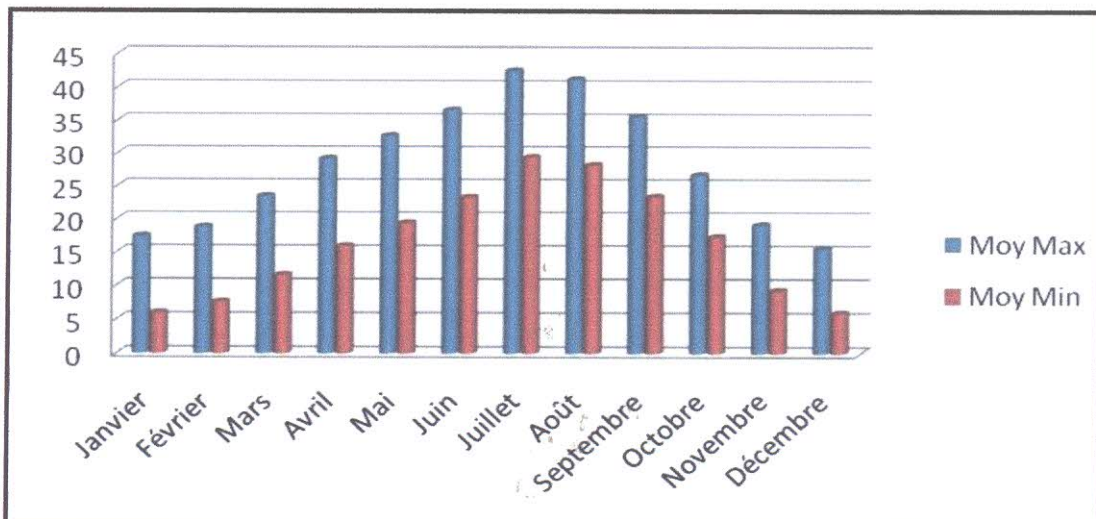
Fig. n °13 : La température min et max en 2009 à Ghardaïa.
(Source : URBATIA, 2011)



A Ghardaïa les précipitations sont très faibles et irrégulières. Elles varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze (15) jours par an. Le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois d'Aout et décembre). Les pluies sont en général fluctuantes, irrégulières, par moments torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels. (W Ghardaïa, 2012).

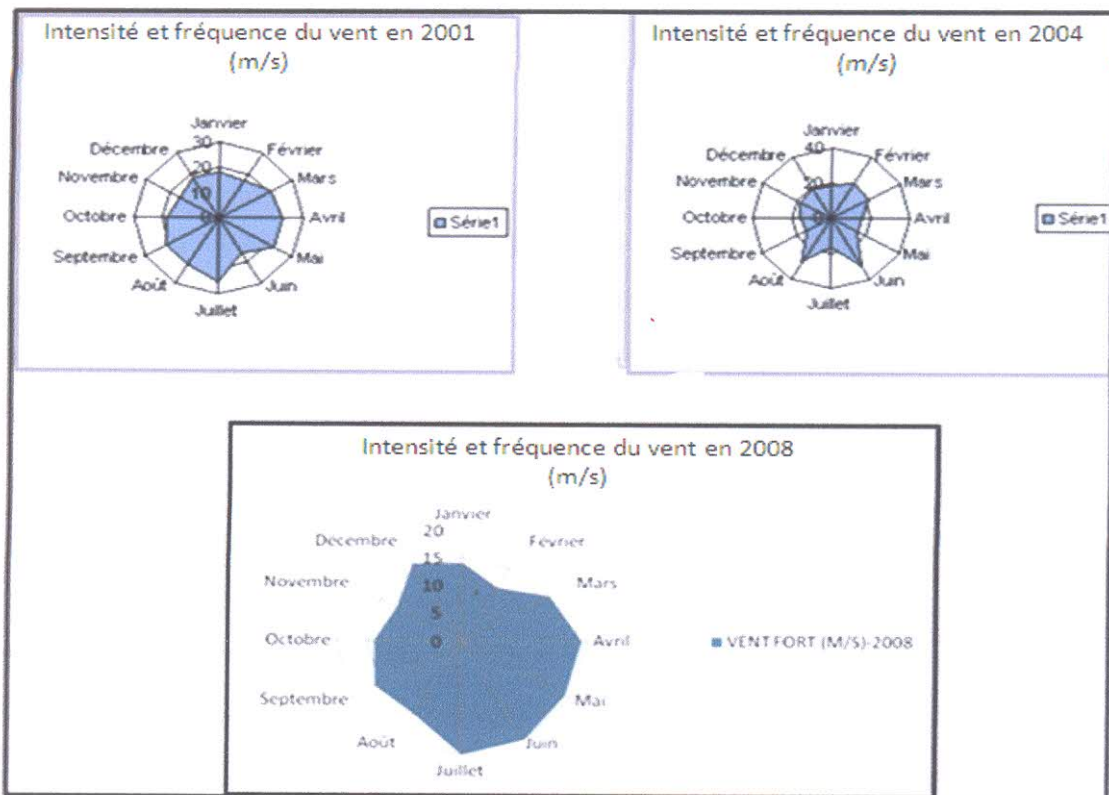
E. P. A. U
BIBLIOTHEQUE

Fig. n °14 : La pluviométrie annuelle entre 2000 et 2009 à Ghardaïa.
(Source : URBATIA, 2011)



En hivers les vents dominants venant du nord –ouest sont froids et humides. En été les vents dominants venant du Sud –Est sont chauds et secs. Cependant les vents de saison sont fréquents en Mars, Avril et Mai, caractérisés par une direction dominante Sud-ouest. On enregistre 11 jours de sirocco par an soufflant surtout pendant la période estivale qui va du mois de Mai à Septembre. (W. Ghardaïa. 2012).

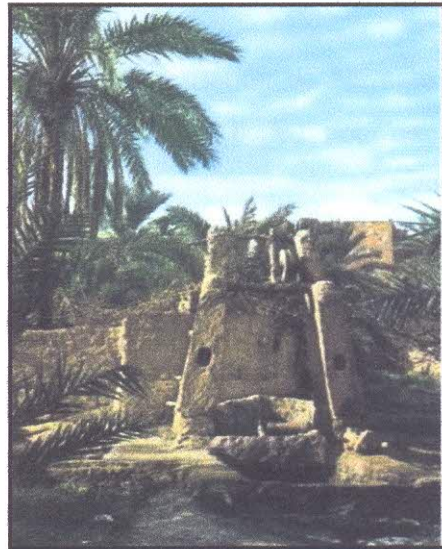
Fig. n °15 : Intensités et fréquences des vents entre 2001 et 2009 à Ghardaïa.
(Source : URBATIA 2011)



Les principales ressources en eau de Ghardaïa sont d'origine souterraine. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant ainsi la région de Ghardaïa, seule une forte pluie de plusieurs heures peut provoquer la crue de l'oued et cela n'arrive qu'un fois tous les deux ou trois ans en moyenne. Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales : la nappe phréatiques superficielle et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne. (Ben Saha, 2011)

L'exploitation de l'eau dans la vallée du M'Zab s'opérait par creusement progressif de certains puits traditionnels atteignant la nappe phréatique. Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole. Elle sert de source pour l'irrigation de la palmeraie de la vallée et sert également à l'alimentation en eau potable à l'amont dans certaine région où elle est exploitée par des puits traditionnels.

Photo. n °5 : Puits traditionnel d'irrigation
(Source :Guemari, 2008)



Mais aujourd'hui, elle présente plusieurs contraintes: étendue limitée, potentialités réduites étant donné la nature de la roche réservoir (calcaires fissurés) et débits très faibles (phénomène aggravé par la concentration des puits). En fin, plus récemment, la nappe connaît une pollution importante (annexe n°2, carte n°5) à cause du rejet des déchets organiques et les eaux usées (fosse septiques et rejet des eaux usées).(Achour, 2011)

Actuellement, l'alimentation en eau potable(AEP), industriel (AEI) et d'irrigations s'effectue par des forages de profondeur variable de 350 à 500 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albiennaise (Continental intercalaire) dont les réserves sont limitées. Car qu'il y a quelque information relative au rabattement de la nappe ainsi qu'au niveau piézométrique de cette dernière (annexe n°2, carte n°4). (Achour, 2011).

L'exploitation hydraulique a recours à des techniques particulières, imposées par la nature du site, favorisées par l'instauration d'un réseau de coopérations inter-cités et des lois traditionnelles locales. (W. Ghardaïa, 2012). Ces techniques se déclinent comme suit :

- *Les systèmes de captage des eaux de surface*, par la réalisation de Seguias (rigoles), aménagées à l'embouchure des principaux affluents afin de récupérer la moindre goutte d'eau et la canaliser vers les jardins.

- *Les systèmes de captage des eaux souterraines* par le forage de puits allant au-delà de 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

- *Les systèmes de stockage des eaux de crues* par la réalisation de barrages et digues, sont aménagés au niveau des palmeraies et dans les lits de l'oued pour retenir et stocker les eaux pour l'alimentation de la nappe phréatique et les petits réservoirs dans chaque jardin.

- *le système de distribution* qui obéit à une application très stricte des normes de répartition des eaux d'une manière équitable, selon l'importance des affluents et de la taille de palmeraie.

Photo. n °6 : Digue de captage des eaux de crue.
(Source : Guemari, 2008)



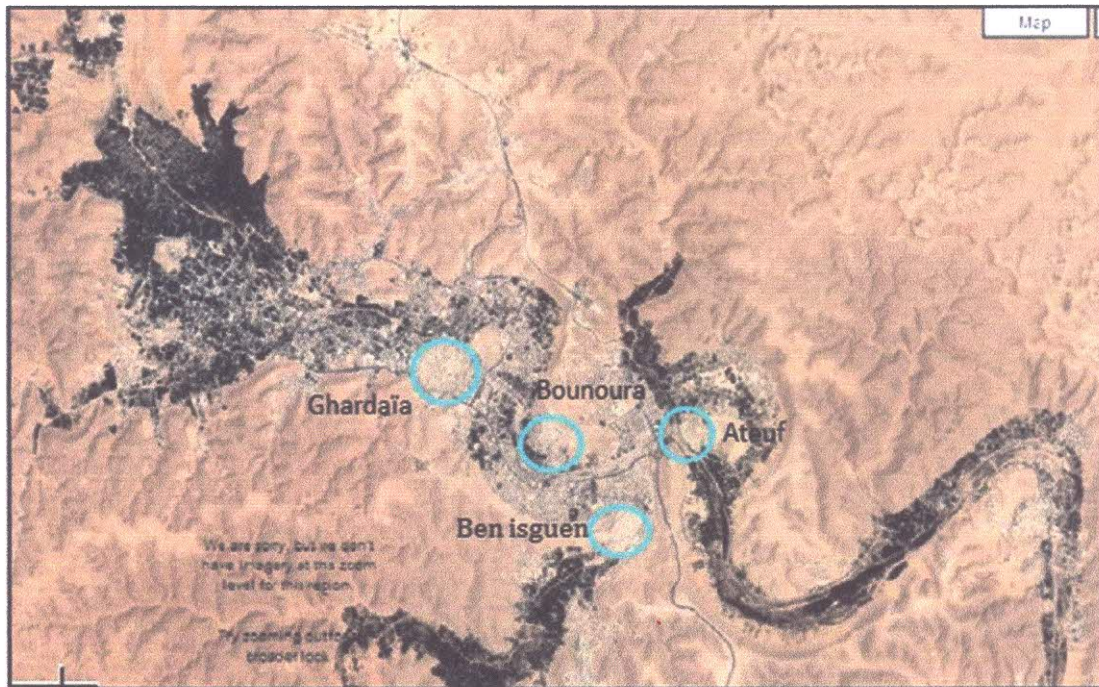
Photo. n °7 : *Seguia*, système d'irrigation.
(Source : Guemari, 2008)



L'ensemble géomorphologique dans lequel s'inscrit le M'Zab est un plateau rocheux, *la hamada*, dont l'altitude varie entre 300 et 800 mètres. Le paysage est caractérisé par une vaste étendue pierreuse où affleure une roche nue de couleur brune et noirâtre.

Ce plateau a été masqué par la forte érosion fluviale du début du quaternaire qui a découpé dans sa partie Sud des buttes à sommets plats et a façonné des vallées. L'ensemble se nomme la chebka (filet) à cause de l'enchevêtrement de ses vallées. L'oued M'Zab traverse ce filet de 38000 km² du Nord-Ouest vers le Sud-est. Les sols en bordure des oueds sont pauvres et formés de débris calcaro-siliceux ou argilo-siliceux.

Photo. n °8 : Plateforme géomorphologique de la vallée de M'Zab.
(Source : URBATIA, 2011)



2.1.2. Environnement socioéconomique :

La Wilaya de Ghardaïa se trouve au centre de la partie Nord du Sahara à 600 km au sud d'Alger, sur la RN°1. Elle est issue du découpage administratif du territoire national de 1984. (URBATIA, 2011)

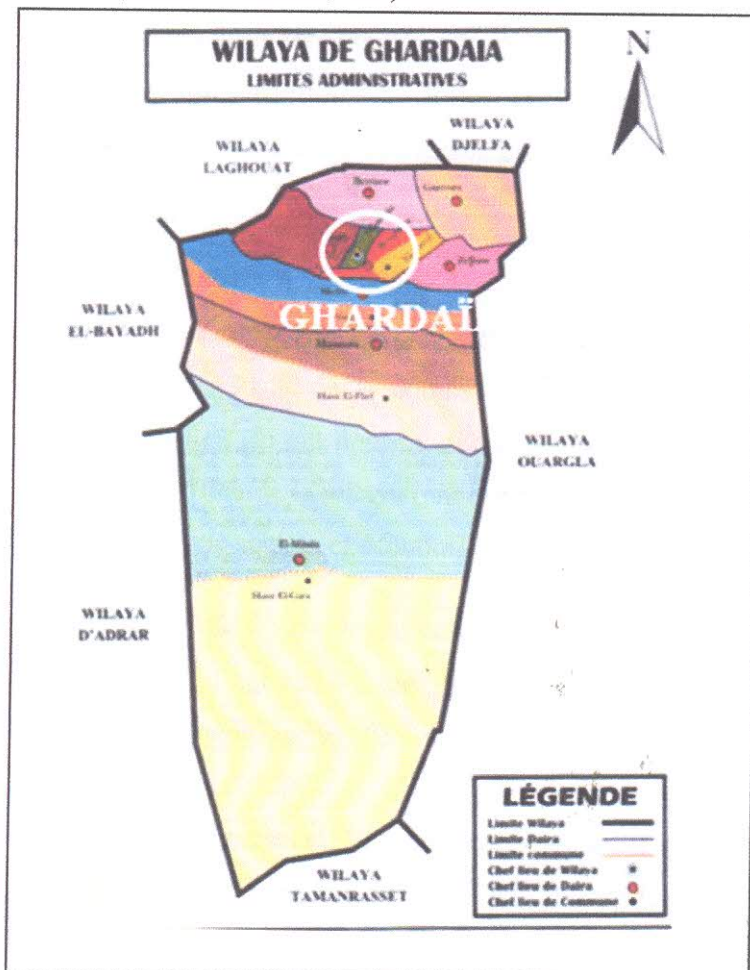
Elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa.
- Au Sud par la wilaya de Tamenrasset.
- A l'Est par la wilaya de Ouargla.
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayadh.

Carte. n °2 : Situation de la wilaya de Ghardaïa.
(Source : URBATIA, 2011)



Carte. n °3 : Les communes de Ghardaïa.
(Source : URBATIA, 2011)



Au plan de la structuration de son espace, c'est une Wilaya qui se distingue par une armature urbaine très peu étoffée et où le déséquilibre entre la vallée du M'Zab et le reste du territoire est en train de s'amplifier. Elle dispose néanmoins d'une trame d'oasis et de Ksours qui lui permet d'occuper une bonne partie de l'ensemble du territoire.(OPVM, 2011).

Ghardaïa, capitale de la vallée de M'Zab et ville la plus peuplée (fondée en 1048, appelée aussi la perle des oasis), est situé en amont de la vallée du M'Zab et s'organise autour d'une colline. Au sommet, et en plein milieu, se trouve la mosquée, considérée comme étant le point central et focal autour duquel s'articulent tous les autres éléments de la vie citadine et religieuse. Ghardaïa est le ksar le plus étendu où se concentre un nombre important d'équipements et infrastructures socioculturelles et économiques.(Ben Youcef, 2010)

Les efforts d'investissements consentis par l'Etat depuis plus de deux décennies ont entraîné de grandes mutations au plan socio-économique. La Wilaya en général dispose aujourd'hui d'infrastructures et d'équipements de base nécessaires à un développement harmonieux et intersectoriel. (W. Ghardaïa, 2012).

La population totale de la ville de Ghardaïa enregistrée à la fin de l'année 2011 est de 116408 habitants, soit une densité de peuplement de 379,83 habitants / km². Elle se caractérise par un fort taux d'accroissement démographique de 2,11 %, et un fort poids démographique (30 % de la population totale de la wilaya y sont concentrés). (W Ghardaïa, 2012). Ce qui pourrait accentuer l'état de saturation et de forte densité au niveau de chef-lieu de la wilaya (annexe n°1) et par la suite une forte pression sur tous les plans de la vie sociale et économique (un développement urbain très accéléré).

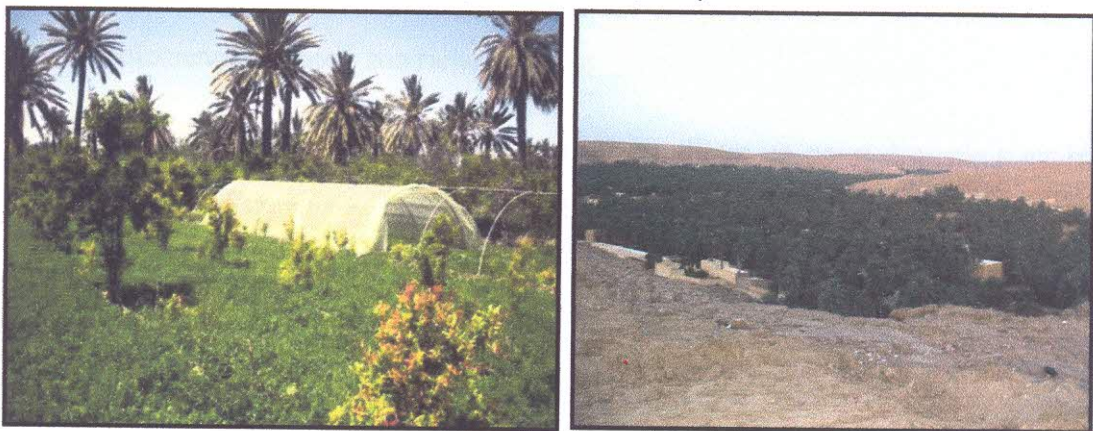
Le secteur de l'agriculture couvrant une superficie de 1316Ha par rapport à la surface totale d'agriculture de 14743 Ha, est caractérisé par deux systèmes d'exploitation (photo. n °9, 10).

- *Le système oasien de l'ancienne palmeraie* est caractérisé par une forte densité de plantation, palmiers âgés, irrigation traditionnelle par séguias, exploitations mal

structurées et fortement morcelées (0,5 à 1,5 ha), sont plantées en étages palmiers dattiers, arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire, des activités d'élevages sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles.

- *La mise en valeur en deux échelles, péri-oasienne et d'entreprise en dehors de la vallée.*

Photo. n °9, 10 : Palmeraies de Ghardaïa.
(Source : OPVM, 2011)



En plus de son rôle nourricier par excellence, la palmeraie du M'Zab est également un jardin d'agrément. C'est aussi le lieu de résidence secondaire en été pour sa fraîcheur, mais aujourd'hui va transformer en habitat permanent.

La palmeraie est aussi la source d'une multitude de dérivées destinées à la vie quotidienne des habitants : des matériaux de construction jusqu'aux ustensiles de cuisine et différents mobiliers domestiques. Pratiquement, tous les produits de la palmeraie sont exploités pour diverses utilisations.

Et par conséquence, les palmeraies de M'Zab doit cependant être appréciée à sa juste mesure, comme espace de plaisance, de production de fraîcheur et d'humidité, adaptateur d'un microclimat indispensable pour l'environnement qui encadre la vie au M'Zab, c'est davantage une condition d'équilibre écologique. Mais aujourd'hui on peut estimer dans la mesure où les derniers recensements considèrent qu'une grande partie des palmeraies à prendre une allure urbaine (avec vieillissement avancé et l'existence des maladies à contamination rapide comme le "Bayoud" qui devient

menaçant). Les secteurs de bâtiment et travaux public ainsi que l'investissement industriel attirent fortement la main-d'œuvre non qualifiée, qui constituait le réservoir destiné à l'agriculture. (Ben Youcef, 2010).

Le développement du tourisme a connu son apogée après le classement de la vallée du M'Zab comme patrimoine national en 1971 et international (UNESCO) en 1982. (W. Ghardaïa, 2012). Cette nouvelle donnée économique a permis à Ghardaïa de se doter d'une infrastructure hôtelière publique et privée très importante et a considérablement développé son riche artisanat.

Elle présente un intérêt important, a l'avantage d'être un point d'escale pour les touristes allant vers d'autres régions touristiques du sud. Elle est en effet, un passage obligatoire pour se rendre vers le grand Sud (Tamanrasset) et la région de la Saoura (Timimoune). (URBATIA, 2001)

Le secteur de l'artisanat dans la Wilaya de Ghardaïa se caractérise par la diversité des activités et la qualité des produits fabriqués, le tissage occupe une place toute particulière dans l'artisanat de la Wilaya, le tapis symbolise l'activité artisanale de la région, les activités de sculpture sur bois, de céramique, de bijouterie, de broderie, de maroquinerie et de tannerie complètent la gamme de produits artisanaux de la Wilaya.

Photo. n °11,12 : Produits d'artisanat à Ghardaïa.
(Source : OPVM 2011)



Ainsi pour les activités industrielles, Ghardaïa a bénéficié de quelques unités économiques par la création de zones industrielles et d'activités dans la périphérie de Ghardaïa depuis 1970, à Bounoura tels que : industrie sidérurgique et métallique (ALFAPIPE et PIPE GAZ), mécanique et électrique (ISMME), industrie des matériaux de construction, céramique et verre (GHARDAIA PLATRE), et industries chimiques, caoutchouc et plastique, etc. prenons notes qu'il s'agit là d'activités à fort potentiel polluant.

Le secteur de commerce et de services, Ghardaïa est connue par son activité commerciale depuis l'époque des routes caravanières. Cette caractéristique s'est renforcée avec son statut actuel de ville de passage car elle constitue le passage obligé entre le Nord et le Sud du pays, situé entre le gisement pétrolier de Hassi Messaoud (280 Km) et le gisement gazier de Hassi R'Mel (100 Km). C'est une région très active où le secteur tertiaire est prépondérant avec le commerce. Actuellement, il est à remarquer la prolifération de zones de dépôts et de commerces de gros dans l'ancien tissu urbain causant de gros problèmes d'encombrement de la circulation et la saturation des aires de stationnement. (W. Ghardaïa, 2012).

2.2. Le développement urbain de Ghardaïa:

2.2.1. L'évolution urbain jusqu'à nos jours :

Du point de vue urbain, Ghardaïa est classée comme ville d'importance nationale et représente le chef-lieu de la wilaya. « A son origine, le noyau urbain autonome s'est développé sur des monticules rocheux, au sol dur, impropre à l'agriculture, et défensif de par sa position dominante dans la vallée (annexe n°1, carte n°1). Le lit sablonneux de la vallée est lui destiné à l'aménagement de palmeraies. » (Helmut, 2001)

« Avec le développement du commerce caravanier entre le 16^{ème} et 20^{ème} siècle, affluaient de nouvelles populations, qui étaient à l'origine de la formation de nouveaux quartiers. Ces derniers croissaient en anneaux concentriques autour du pôle originel et étaient contenus à l'intérieur de l'enceinte du ksar ». (Helmut, 2001)

« Durant le 20^{ème} siècle à l'époque coloniale, avec la création de nouvelles routes, la découverte du pétrole, la découverte de la nappe albiennaise et la sédentarisation des populations nomades qui en découlait, intervenait une nouvelle phase de croissance, sous forme de nouveaux quartiers implantés en périphérie de ksar et piétinant progressivement la palmeraie (c'est le début de destruction des palmeraies) ». (Helmut, 2001)

« Après l'indépendance et jusqu'aux années quatre-vingt, l'urbanisation alla de pair avec le grand développement industriel, en plus de la tradition commerçante de la vallée du M'Zab et la promotion de Ghardaïa au rang de chef-lieu de wilaya, furent à l'origine d'un très fort mouvement de population (venues de l'extérieur), de croissance économique et urbaine, qui se manifestera par un mitage supplémentaire de la palmeraie. Les nouveaux lotissements puisaient désormais dans la vallée et dégradait de plus en plus la palmeraie. A ce stade, toute la vallée a commencé à former presque une seule agglomération linéaire, se développant tout le long du cours sinueux de l'oued et de l'axe de routier principal ». (Helmut, 2001)

En conséquent, de nouveaux quartiers résidentiels et des équipements ont été développés. Amplifiait des problèmes de croissance, d'environnement, de mobilité et de dilapidation du patrimoine. (Helmut, 2001)

« Durant les deux dernières périodes, la consommation de l'espace de la palmeraie est devenu clairement remarquable, en plus de l'accroissement des déchets urbains déversés dans le lit de l'oued et polluant la nappe phréatique, marquant un début de rupture avec l'équilibre écologique longtemps entretenu et défendu » (Helmut, 2001). Les cimetières et le lit mineur de l'oued, sont les seuls éléments qui font obstacle à cette urbanisation et constituent des tâches de vide dans l'agglomération (Carte. n °4). En effet, celle-ci est le produit d'une occupation spontanée et accélérée de tout terrain libre. (Krami, 2012)

L'habitat et les services occupent la plus grande surface de la ville de Ghardaïa. Les différentes typologies urbaines sont principalement liées à leurs périodes de

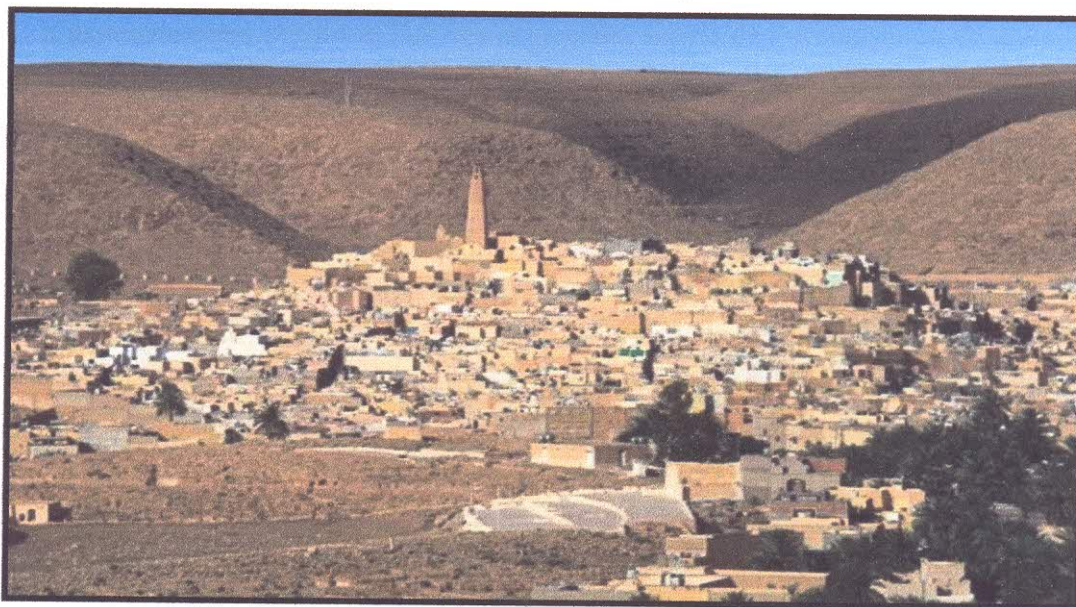
construction, reflet d'un mode de vie et d'une consommation de l'espace changeants.

On distingue:

- L'habitat traditionnel de ksar.
- L'habitat en palmeraie (rural).
- L'habitat contemporain à différentes densités avec une présence végétale éparpillée.

L'habitat du Ksar est caractérisé par une compacité extrême du bâti, les maisons alignées à la limite des voies forment une sorte d'enveloppe et constituent avec leurs murs un rempart de protection (la parcelle étant construite en totalité), une hiérarchisation rigoureuse des espaces publics (établie par un code subtil d'obstacles visuels et de modulation de la lumière naturelle) et une organisation spatiale interne introvertie, centrée sur le *west-eddar*. Celui-ci couvert par un plancher, reçoit la lumière, la chaleur et la ventilation par le *chebeq* qui en régule le dosage (Ben Youcef, 2010).

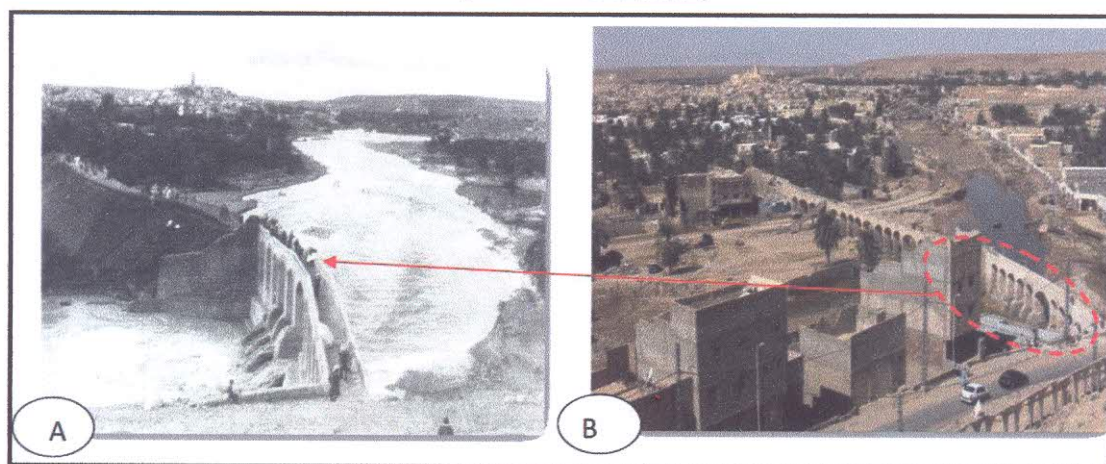
Photo. n °13 : Ksar de Ghardaïa.
(Source : URBATIA, 2011)



Les constructions à l'intérieur des palmeraies sont des habitations occupées de manière temporaire essentiellement en été. Elles héritent la plupart de leurs caractéristiques de celle de ksar avec une faible compacité et densité. (Krami, 2012)

Les constructions contemporaines sont caractérisées par de nouvelles typologies, avec des espaces spécialisés, des commodités plus nombreuses, des dimensions plus généreuses, un réseau viaire mécanisé plus important, un degré de hiérarchisation des espaces publics moins rigoureux.

Photo. n °14 : Les constructions contemporaines empiétant sur le lit de l'oued M'Zab.
(Source : Babker, 2010)



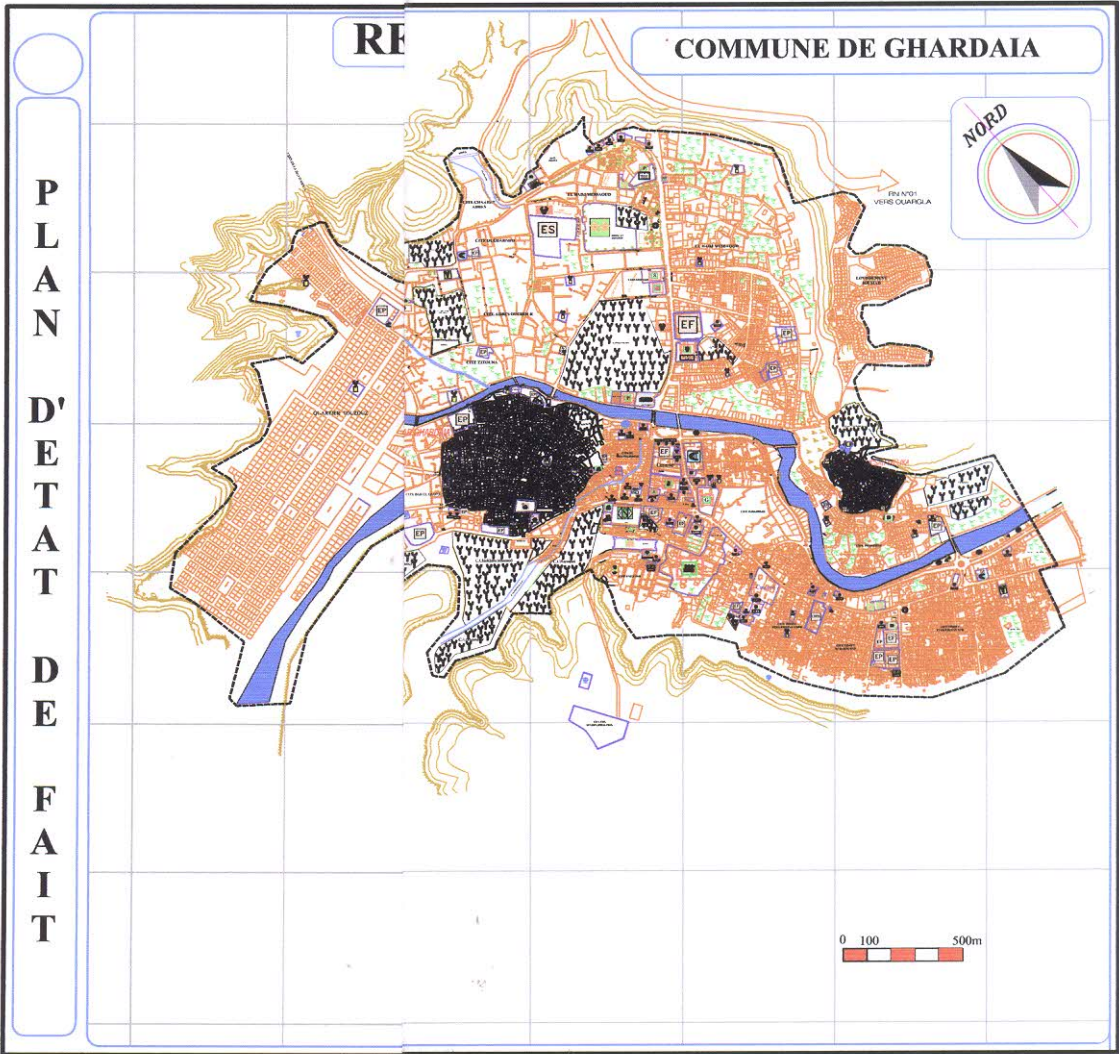
L'assainissement constitue l'un des principaux soucis de l'urbanisation de toute la vallée de M'Zab, la difficulté de répondre à une demande croissante, les problèmes techniques liés à la nature du sol, et enfin les obstacles liés à une urbanisation non planifiée.

Il y'a environ dix ans, l'assainissement et l'AEP constituaient un problème majeur à Ghardaïa et tout la vallée de M'Zab. Les villes de la vallée ont souffert de l'insuffisance des infrastructures et réseaux de base d'alimentation en eau potable et d'évacuation des eaux usées. Cela s'est traduit dans les problèmes suivants (Helmut, 2001) :

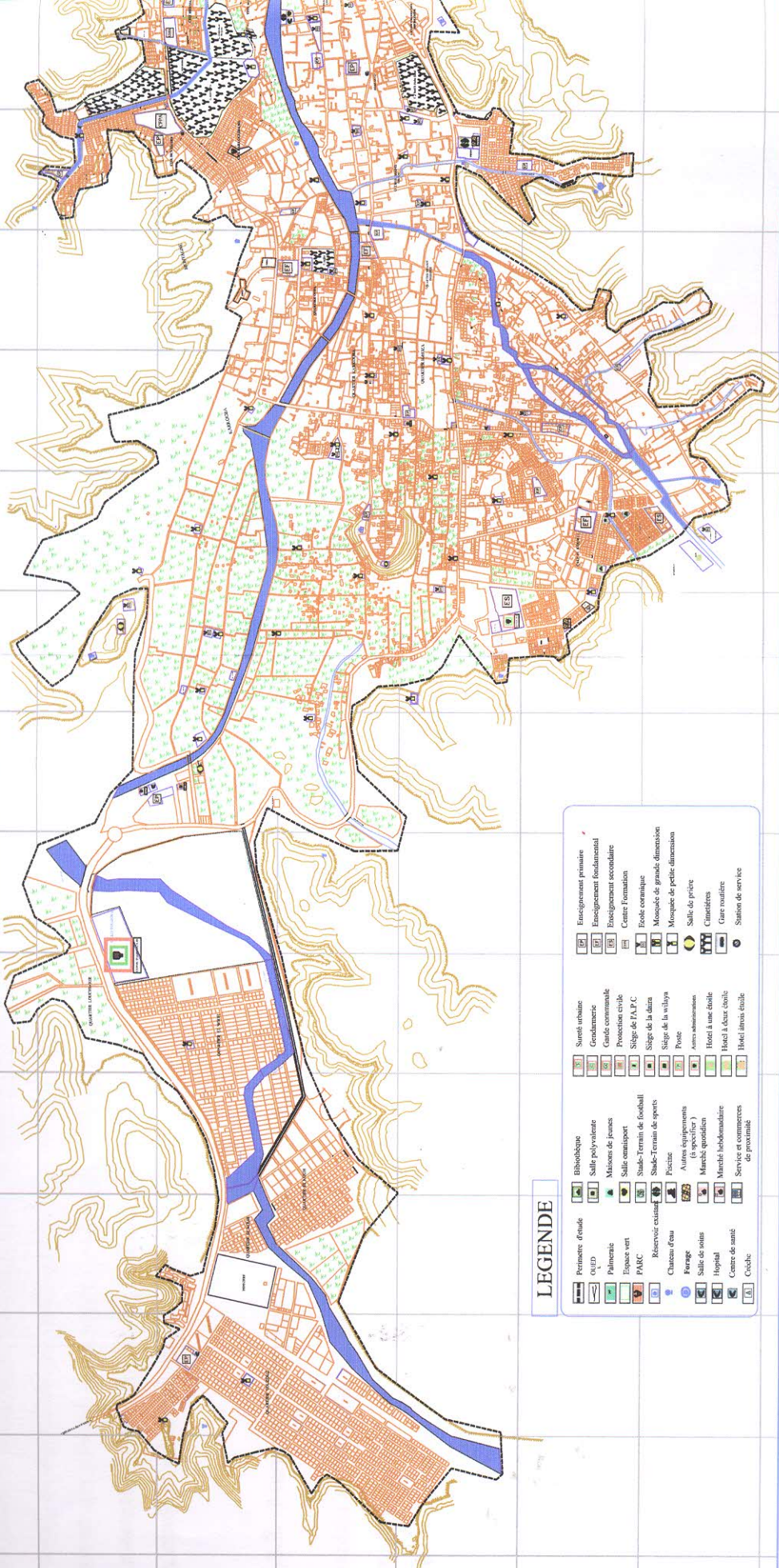
- L'infiltration des eaux usées qui polluent la nappe phréatique et la rendent impropre à la consommation (et les fosses septiques au niveau des palmeraies)

- Dans le ksar, les infiltrations affouillent et menacent les fondations des maisons en contrebas.

- La dégradation de réseau et l'insuffisance de canalisation dans certains quartiers



REVISION DU PDAU DE LA VALLEE DU M'ZAB



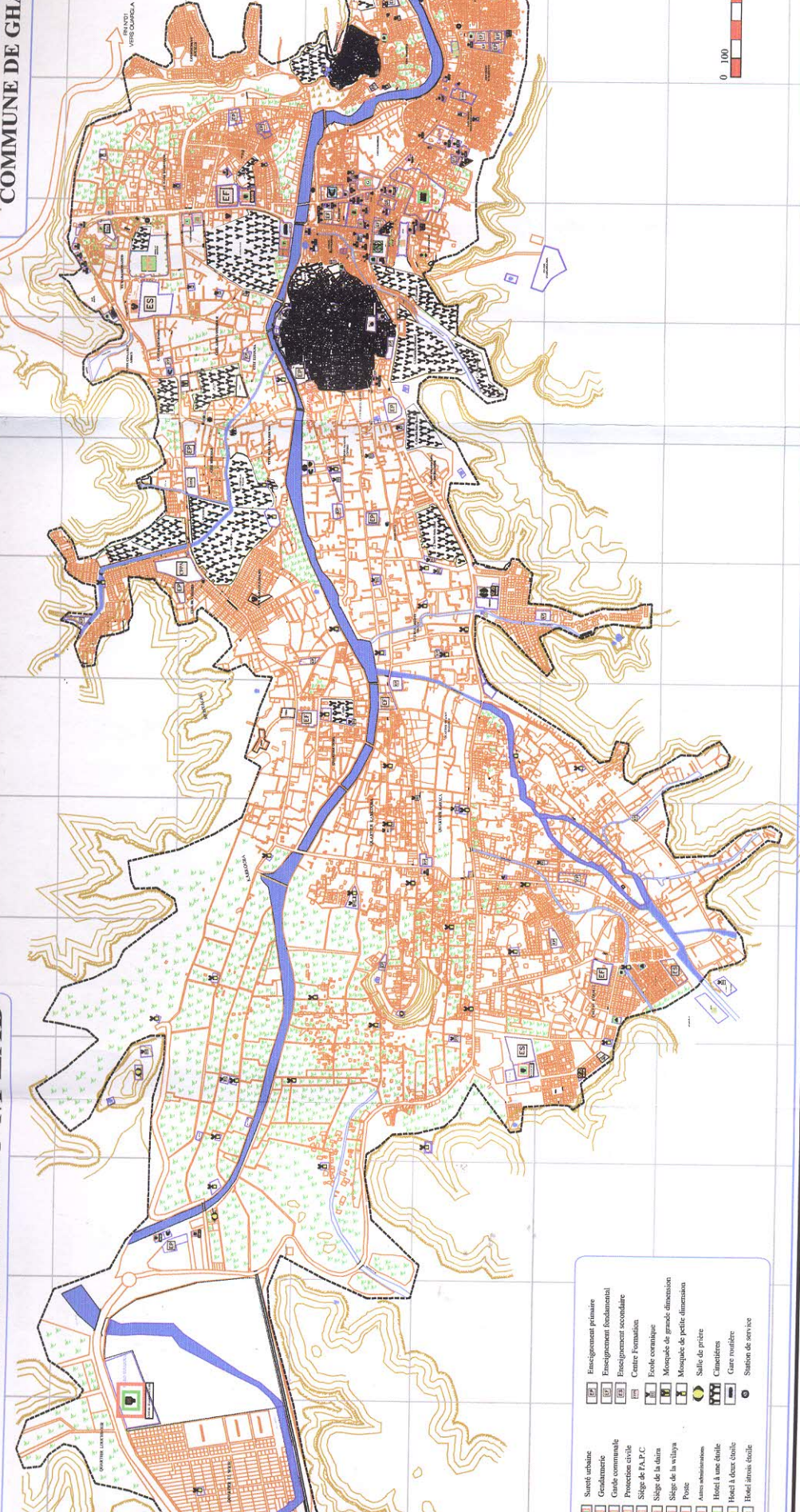
LEGENDE

PLAN D'ETAT DE FAIT

(Source : URBATIA, 2011)

LA VALLEE DU M'ZAB

COMMUNE DE GHARDAIA



- | | | | |
|--|----------------------|--|-----------------------------|
| | Zone urbaine | | Enseignement primaire |
| | Grille urbaine | | Enseignement fondamental |
| | Grille communale | | Enseignement secondaire |
| | Protection civile | | Centre formation |
| | Siège de F.A.P.C | | Ecole primaire |
| | Siège de la daïra | | Mosquée de grande dimension |
| | Siège de la wilaya | | Mosquée de petite dimension |
| | Poste | | Salle de prière |
| | Autre administration | | Cimetière |
| | Hôtel à une double | | Gare routière |
| | Hôtel à deux doubles | | Station de service |
| | Hôtel à deux états | | |

L'Etat a depuis entamé, notamment après les inondations de 2008, « un ensemble d'actions dans le cadre d'une politique nationale de revalorisation du patrimoine et protection de la vallée de M'Zab qui s'est traduite en particulier par les actions de canalisation de l'oued M'Zab (digues), restauration des conduites d'assainissement, réalisation de ponts et passerelles le long de la vallée, lancement d'un grand programme de logements et d'équipements,...etc. ». (Krami, 2012)

Le constat général établi par KRAMI ressortant de son analyse de l'étude de la révision du PDAU de la vallée du M'Zab, est l'absence de continuité dans l'élaboration de ce document d'urbanisme. Les orientations d'aménagement, documents graphiques et règlement, ne répondent pas suffisamment à la problématique et aux objectifs définis au départ et qui portent sur la question du risque d'inondation et des phénomènes de l'environnement. Selon lui, il s'agit d'une approche quantitative et sectorielle sans vision globale et cohérente. (Krami, 2012)

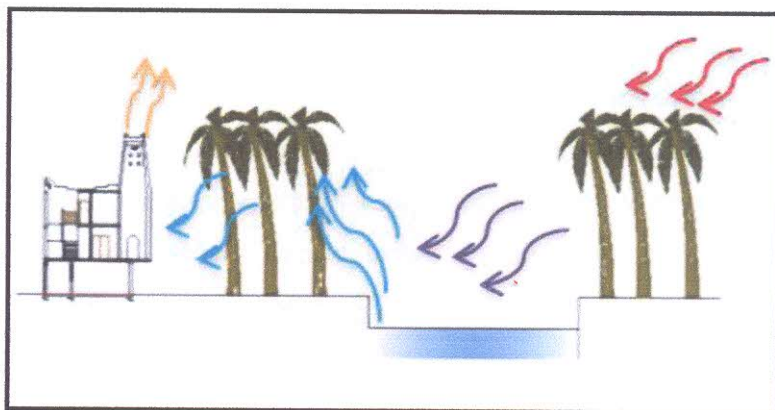
2.2.2. Mesures traditionnelles d'adaptation au climat :

Ghardaïa est caractérisée par un site aride et hostile à potentialités limitées, mais avec un patrimoine culturel à valeur universelle. Ainsi, par sa situation dans le territoire, elle joue un rôle régional. Elle présente un atout particulier lié au caractère culturel original. L'harmonie entre l'organisation sociale, le mode d'urbanisation, la topologie architecturale et l'équilibre écologique, lui ont valu son classement patrimoine universel en 1982. La sauvegarde de ce patrimoine est d'une importance primordiale. (OPVM, 2011).

Elle comprend deux éléments complémentaires constituant une unité autonome (le ksar et sa propre palmeraie) : d'une part le ksar (cité), très concentré et enfermé dans ses remparts, d'autre part la palmeraie, espace de culture doté d'un système complexe de puits et de structures hydrauliques. Cet espace de palmeraie est situé aux abords des masses d'eau, terres fertiles aptes pour la culture. Le ksar est implanté dans les masses de roches calcinées du plateau. La limite du ksar est le début de la palmeraie. Cette

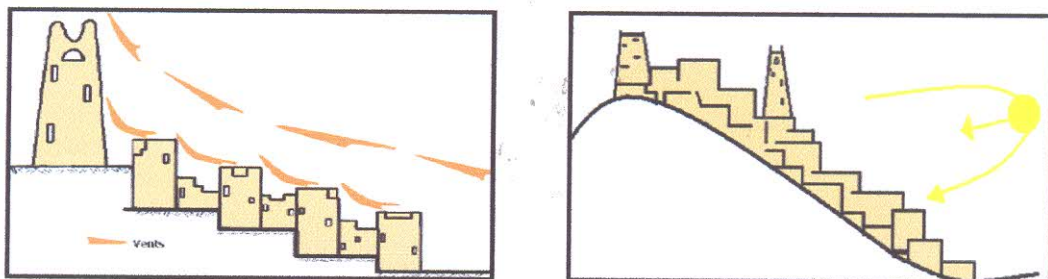
double occupation de l'espace est appropriée à l'ensemble indissociable bâti/végétal (Fig. n °16). Elle permet d'un coté de protéger les constructions contre les crues et de l'autre coté d'assurer une meilleure exploitation de la ressource en eau très rare dans un milieu aride (captage, irrigation des oasis,...) en plus de l'humidification des vents chauds d'été. Nous pouvons remarquer, déjà ici, les prémices d'une gestion intégrée de l'eau, mais aujourd'hui déséquilibré. (Krami, 2012)

Fig. n °16 : Rafraîchissement des vents chauds passant par les palmeraies.
(Source : L'auteur 2014)



« La configuration de ksar présente une adaptation climatique principalement de par le fait qu'elle constitue une entité très compacte implantée en gradin (assurer une protection au vent). L'interface avec l'environnement climatique que représentent les surfaces extérieures des constructions est réduite, limitant par conséquent les échanges thermiques avec le droit de l'ensoleillement de chaque maison (le ratio surface exposée/volume très élevé, permet de maintenir les échanges thermiques au minimum et la création d'îlot de fraîcheur) ». (Helmut, 2001)

Fig. n °17.18: l'intégration de ksar par rapport aux conditions climatiques
(Source : L'auteur 2014)



« L'habitat en palmeraie est occupé essentiellement en été, lorsque les conditions climatiques dans le ksar deviennent insupportables. La couverture végétale très importante de la palmeraie constitue une protection efficace contre le rayonnement solaire et les vents chauds ou froids. Elle procure de surcroît un rafraîchissement supplémentaire de la température ambiante par le processus d'évapotranspiration, offre un microclimat très agréable, une qualité d'air et un environnement sonore des plus désirables. Cette typologie offre assurément une solution adaptée aux conditions climatiques rigoureuses de cette région ». (Helmut, 2001)

L'habitat contemporain est caractérisé par l'introduction de nouvelles typologies d'habitat, de matériaux de construction et des configurations urbaines qui sont moins adaptées au climat et moins performantes en terme d'intégration climatique. L'absence d'espaces verts et passages ombragés a sérieusement altéré le microclimat local (Photo. n °14). Autant de facteurs contribuant à l'usage immodéré de la climatisation mécanique et la forte consommation électrique. (Krami, 2012)

Conclusion du deuxième chapitre :

A l'origine, le peuplement qui s'est installé le long de l'oued M'Zab a su trouver la juste mesure pour gérer harmonieusement la vallée et ces oasis, en aménageant le fond de l'oued en palmeraies et les collines en lieux d'habitat, en développant un esprit de communauté fait de solidarité et de rationalité.

A partir du XXème siècle, Ghardaïa a connu un bouleversement dans la gestion de l'espace, ainsi que de la situation socioéconomique et environnementale. Elle a ralenti le développement naturel de l'oasis avec ses palmeraies et lui a substitué une occupation foncière anarchique. Celle-ci a engendré un déséquilibre de l'écosystème et des conséquences néfastes qui se sont traduites par l'occupation intensive des palmeraies et des zones inondables, la dégradation de la palmeraie et la pollution de la nappe phréatique. Ainsi l'équilibre entre les zones urbaines et les zones vertes sont-ils maintenant rompus.

A ce stade, on constate que Ghardaïa présente une vulnérabilité certaine au changement climatique. La question qui se pose est de savoir si cette vulnérabilité est davantage aggravée par des facteurs environnementaux ou bien anthropiques. C'est l'objet du prochain chapitre.

CHAPIRTRE 3 :
Evaluation de la vulnérabilité de
l'écosystème oasien de Ghardaïa aux
changements climatiques

Introduction :

Après la présentation de Ghardaïa en terme d'environnement naturel socioéconomique et urbain, l'objectif de ce dernier chapitre est d'identifier, puis évaluer les facteurs de vulnérabilité des composantes de l'écosystème oasien (eau, ksar, palmeraies) aux changements climatiques à travers une analyse multicritère suivant un barème de notation préétabli. Le résultat permettra de comparer la note des indicateurs d'exposition avec celle des indicateurs de fragilité et par conséquent leur degré respectif d'implication dans la vulnérabilité du cas d'étude.

3.1. Analyse multicritère des indicateurs de vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques :

3.1.1. Les facteurs environnementaux d'exposition :

Ils sont définis comme l'ensemble des facteurs d'origine naturelle pouvant être impliqués dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien face aux changements climatiques. Ils consistent essentiellement en indicateurs climatiques, hydrographiques et géomorphologiques.

Tableau. n °2 : Facteurs environnementaux d'exposition.

Facteurs environnementaux d'exposition					
Indicateurs Climatiques		Indicateurs Hydrographiques		Indicateurs géomorphologiques	
IEC1	Températures, humidité, vents dominants, siroco	IEH1	Les composantes superficielles (l'Oued M'Zab et les Chaâbats)	IEG1	Topographie, pédologie, géologie
IEC2	Pluviométrie	IEH2	Les composantes souterraines (nappe phréatique, Albien)	IEG2	Paysage saharien (morphologie naturelle)

L'évaluation se fait selon un barème de notation qui se réfère à la question suivante en termes d'exposition des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques :

- L'indicateur considéré est-il ou non impliqué dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien ?
 - Si, oui, il obtient la note 1.
 - Si, non, il obtient la note 0.

Vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques cas de Ghardaïa

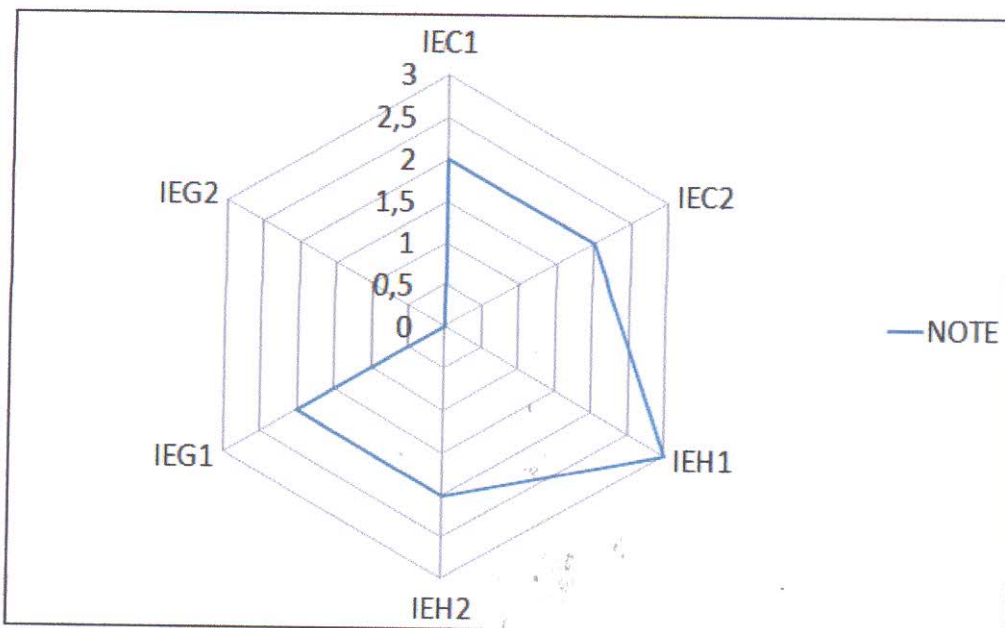
Mémoire de Master. EPAU 2014

Messaoud HINANA

Tableau. n °3: Notation des facteurs environnementaux d'exposition de l'écosystème oasien aux changements climatiques.

Facteurs environnementaux d'expositions de l'écosystème oasien aux changements climatiques ¹⁷								
Facteurs d'exposition		Indicateurs climatiques		Indicateurs hydrographiques		Indicateurs géomorphologiques		Note d'exposition des composantes de l'écosystème oasien/facteur
		IEC1	IEC2	IEH1	IEH2	IEG1	IEG2	
C1	Ressource en eau	1	1	1	1	1	0	5/6
C2	Ksar	0	0	1	0	0	0	1/6
C3	Palmeraies	1	1	1	1	1	0	5/6
Note d'indicateur/3		2/3	2/3	3/3	2/3	2/3	0/3	Note globale d'exposition de l'écosystème oasien= 11/18
Note du facteur/6		4/6		5/6		2/6		

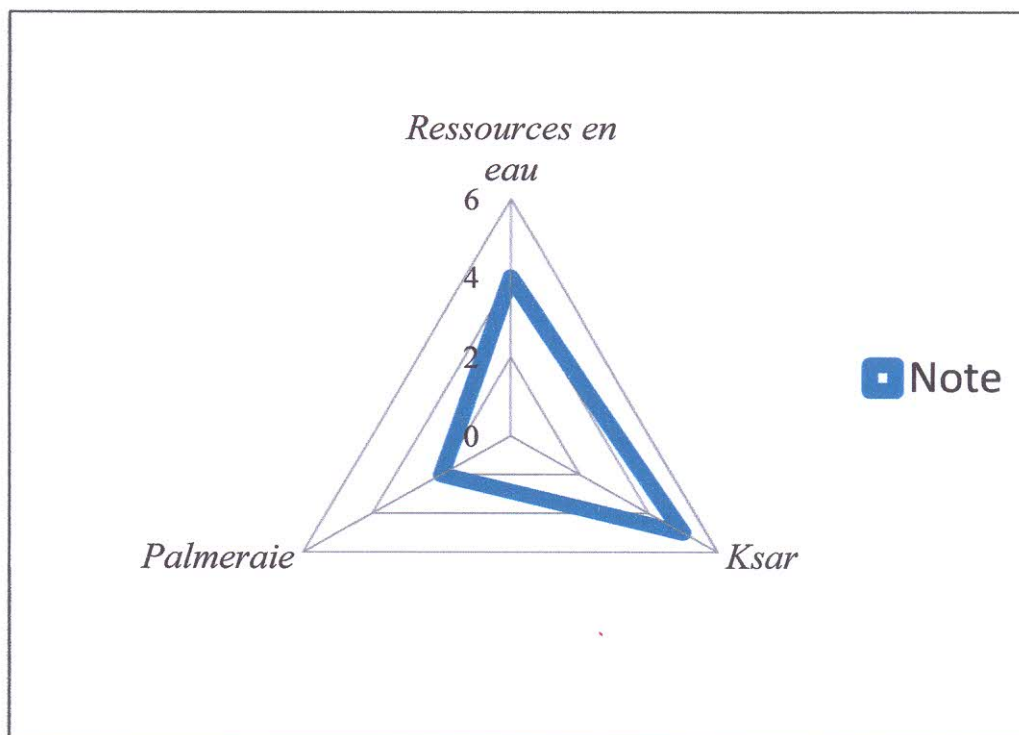
Fig. n °19 : Note d'implication des indicateurs environnementaux dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques



¹⁷ La lecture horizontale permet de lire la note d'exposition de chaque composante de l'écosystème oasien.

La note verticale permet de lire soit la note de l'indicateur /3, soit la note du facteur d'exposition /6.

Fig. n °20: Note d'exposition des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques



Les indicateurs climatiques de température et précipitation (IEC1 et IEC2) semblent impliqués dans la ressource en eau et les palmeraies, tandis que le ksar n'est pas concerné.

Les indicateurs hydrographiques sont impliqués dans l'exposition de l'ensemble des composantes de l'écosystème oasien, tandis que les ressources d'eau souterraines (IEH2) sont impliquées que pour la composante ressource en eau et la composante palmeraie.

Les indicateurs géomorphologiques ne sont pas tous impliqués dans l'exposition des composantes de l'écosystème oasien. Cependant la topographie (IEG1) est impliquée dans l'exposition de la composante ressource en eau et la composante palmeraie.

3.1.2. Les facteurs anthropiques de fragilité :

Ils sont liés aux différentes intrusions de l'homme sur le milieu concerné. Ils sont essentiellement d'ordre socioéconomique, urbanistique et technique.

Tableau. n °4 : Facteurs et indicateurs anthropiques de fragilités.

Facteurs anthropiques de fragilités					
Indicateurs socio-économiques		Indicateurs urbanistiques		Indicateurs techniques	
IAS1	Démographie (croissance, migration)	IAU1	Le bâti -logement- (étalement, densité, occupation du sol, confort)	IAT1	Gestion des déchets solides et liquides (pollution, décharge publique, STEP, traitement)
IAS2	Développement économique (activité agricole, industrielle, commerciale et touristique)	IAU2	Les infrastructures - équipements et voiries- (Présence et accessibilité)	IAT2	AEP et réseaux électriques (source, distribution, traitement)

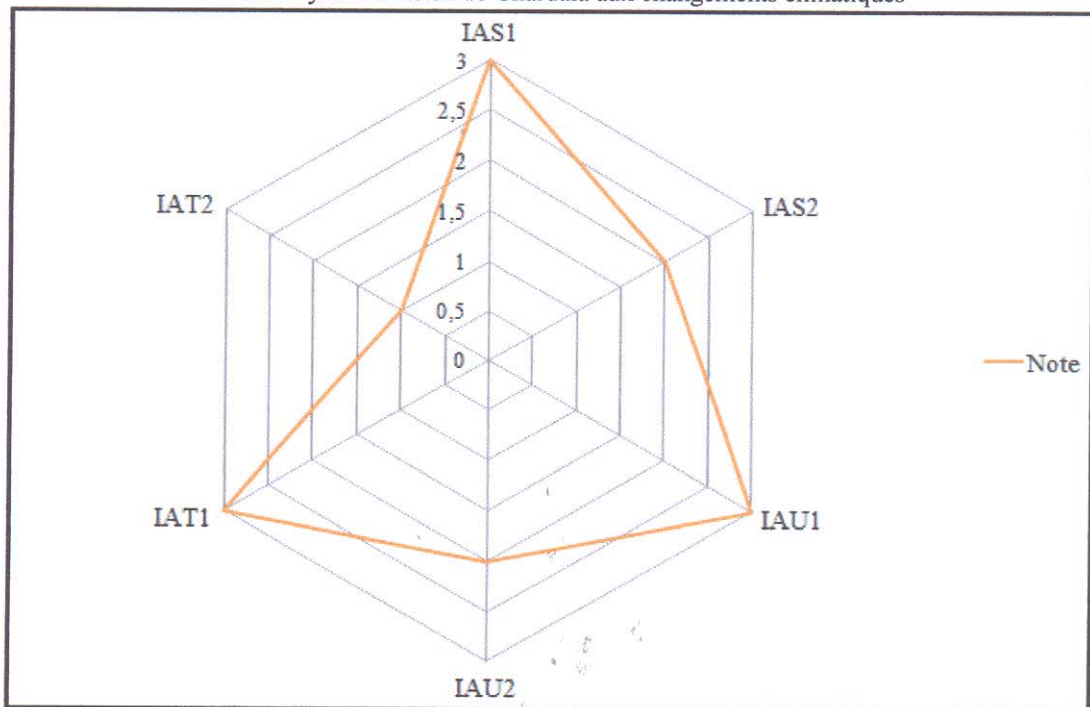
L'évaluation se fait selon un barème de notation qui se réfère à la question suivante en termes de fragilité des composantes de l'écosystème oasien du Ghardaïa aux changements climatiques :

- L'indicateur considéré est-il ou non impliqué dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien ?
 - Si, oui, il obtient la note 1.
 - Si, non, il obtient la note 0.

Tableau. n °5 : Notation des facteurs anthropiques de fragilités de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques.

Evaluation facteurs anthropiques de fragilités de l'écosystème oasien aux changements climatiques ¹⁸								
Facteurs de fragilité Composantes de l'écosystème oasien		Indicateurs socio-économiques		Indicateurs urbanistiques		Indicateurs technique		Note de fragilité des composantes de l'écosystème oasien/facteur
		IAS1	IAS2	IAU1	IAU2	IAT1	IAT2	
C1	Ressource en eau	1	1	1	1	1	0	5/6
C2	Ksar	1	0	1	0	1	1	4/6
C3	Palmeraies	1	1	1	1	1	0	5/6
Note d'indicateur/3		3/3	2/3	3/3	2/3	3/3	1/3	Note globale de fragilité de l'écosystème oasien= 14/18
Note du facteur/6		5/6		5/6		4/6		

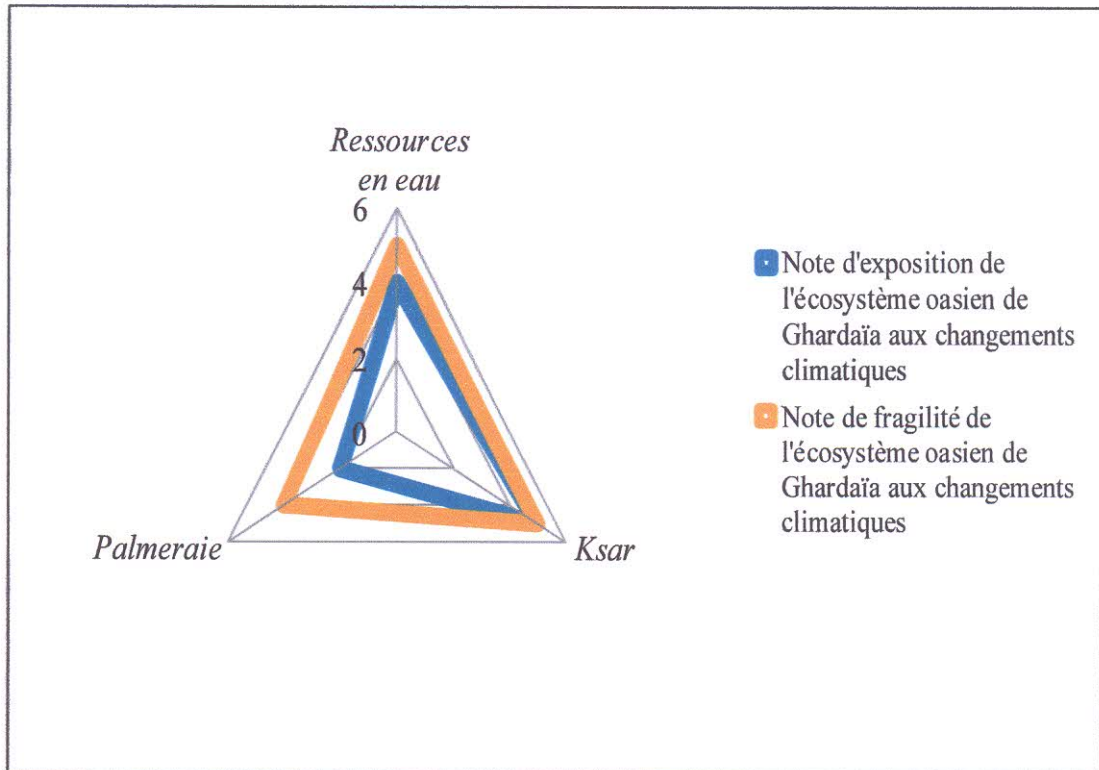
Fig. n °21 : Note d'implication des indicateurs environnementaux dans la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques



¹⁸ La lecture horizontale permet de lire la note de fragilité des composantes de l'écosystème oasien.

La note verticale permet de lire soit la note de l'indicateur /3, soit la note de facteur de fragilité /6.

Fig. n °22 : Note de fragilité des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques



Les indicateurs socio-économiques démographiques et de développements économiques (IAS1 et IAS2) sont impliqués dans la fragilité de l'ensemble des composantes de l'écosystème oasien, tandis que le ksar n'est pas concerné par rapport aux développements économiques (IAS2).

Les indicateurs urbanistiques bâtis et infrastructures (IAU et l'IAU2) sont impliqués dans la fragilité de l'ensemble de composante de l'écosystème oasien, tandis que les infrastructures (IAU2) sont impliqués que pour la composante ressource en eau et la composante palmeraie.

L'indicateur technique gestion des déchets solides et liquides (IAT1) est impliqué dans la fragilité de l'ensemble des composantes de l'écosystème oasien. Cependant l'indicateur AEP et réseaux électriques (IAT2) est impliqués seulement pour la fragilité de ksar.

3.2. Interprétation et discussion des résultats :

3.2.1. Interprétation des tableaux :

Les notes d'indicateurs environnementaux d'exposition et anthropiques de fragilité peuvent être interprétées comme suit:

Les indicateurs climatiques :

- La pluviométrie, caractérisée par la faiblesse des précipitations, la température particulièrement élevée, les vents très fréquents et violents, contribuent au dessèchement des cultures ainsi qu'à l'élévation du taux d'évaporation, notamment en été quand les besoins en eau atteignent leur maximum et font qu'aucune agriculture ne peut être envisagée sans irrigation ni protection.
- La perturbation du régime de l'Oued M'Zab (étiage, crue) et la dégradation des éléments du système de captage et distribution des eaux est étroitement liée au dérèglement des précipitations.
- La régression de la qualité de la datte, ainsi que les faibles rendements de la production agricole subissent directement les effets des bouleversements saisonniers (la précipitation irrégulière et la température non stable).

Par conséquent, les indicateurs IEC1 et IEC 2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec les composantes C1 et C3.

Les indicateurs hydrographiques :

- Les principales ressources en eau sont celles des nappes phréatiques et de l'Albien. Aujourd'hui la nappe phréatique est polluée et tous les puits sont dégradés. Si cette tendance se poursuit et se répand dans la vallée, elle engendrerait la perte définitive de la ressource souterraine. Par conséquent, l'indicateur IEC 2 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec le composante C1.
- Le débordement de l'Oued M'Zab peut causer la destruction de tous les périmètres agricoles qui se trouvent sur son parcours ainsi que les habitations mitoyennes. Par conséquent, l'indicateur IEC1 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec les composantes C2 et C3.

- La salinisation de la ressource en eau (nappe phréatique) rend l'eau impropre à la consommation et parfois même à l'irrigation des palmeraies. Par conséquent, l'indicateur IEC2 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec les composantes C3.

Les indicateurs géomorphologiques :

- Les sols cultivables étant rares et limités aux zones d'accumulation des eaux et de dépôts alluvionnaires, les conditions de développement et d'extension de l'activité agricole sont difficiles impliquant et des coûts d'exploitation très élevés. Par conséquent, l'indicateur IEC1 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec les composantes C1 et C3.

Les indicateurs socio-économiques :

- L'utilisation inconsidérée des ressources en eau et en sol soit pour les besoins humains soit pour les activités économiques, tout particulièrement par une population sans cesse croissante. Par conséquent, les indicateurs IAS1 et IAS2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec le composante C1.
- La disparition de certains métiers d'artisanat et la déperdition de certaines coutumes et traditions de la vie quotidienne locale mène à la perte de la valeur des ksours. Par conséquent, l'indicateur IAS1 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec la composante C2.
- La régression de l'activité agricole à cause de l'exode des jeunes du secteur agricole vers le secteur industriel et le manque de main d'œuvre pour l'entretien des palmeraies. Par conséquent, les indicateurs IAS1 et IAS2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec le composante C3.

Les indicateurs urbanistiques :

- L'imperméabilité du sol due aux infrastructures densifiées et l'occupation des zones inondables et des pentes de ravinement. Par conséquent, les indicateurs IAU1 et IAU2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec le composante C1.

- Déformation du panorama oasien et architectural par introduction de nouveaux modes de construction, la dégradation du tissu urbain traditionnel par les transformations illicites effectuées par les occupants pour les besoins de confort contemporain (changement de forme de l'habitat originel, agrandissement des espaces intérieur, percement des fenêtres dans les murs de façade initialement aveugles, utilisation des matériaux de construction non adaptés au climat local,...etc.). Par conséquent, les indicateurs IAU1 et IAU2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec la composante C2.
- L'utilisation non contrôlée du sol induite par la densification et l'urbanisation anarchique (l'étalement) qui a investi tous les terrains accessibles dans les palmeraies, et la transformation progressive de l'ancien habitat temporaire d'été en habitat permanent. Par conséquent, les indicateurs l'IAU1 et l'IAU2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec le composante C3.

Les indicateurs techniques :

- Le grand volume de rejets d'eaux usées et l'absence d'un système d'assainissement fiable contribuent à la remontée du niveau de la nappe phréatique et à sa pollution et contamination (insuffisance ou absence de traitement). Par conséquent, l'indicateur IAT1 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec le composante C1.
- La pollution de l'environnement et les problèmes de gestion de ramassage des déchets ménagers et industriels (eaux usées, rejets solides, poussière des unités de plâtre et carrières d'extraction) contribuent à la prolifération des décharges sauvages dans l'Oued M'Zab et les palmeraies (l'apparition des maladies). Par conséquent, l'indicateur IAT1 obtient la note « 1 » lorsqu'il est croisé avec la composante C1 et C3.
- L'absence d'entretien des réseaux d'AEP et d'assainissement dans le ksar a provoqué la dégradation de la voirie et certains espaces du ksar. Par conséquent, les indicateurs IAT1 et IAT2 obtiennent la note « 1 » lorsqu'ils sont croisés avec la composante C2

3.2.2. Synthèse des résultats :

On constate que les facteurs environnementaux climatiques et hydrographiques ont des notes importantes de 4/6 et 5/6 successivement. Ces notes élevées semblent d'avantage liées aux phénomènes de stress hydrique et modifications du microclimat local apparus dans la région ces dernières décennies. En revanche les indicateurs géomorphologiques obtiennent une note relativement basse de 2/6 parce que leurs effets sont mineurs.

Tableau. n °6 : Notes d'implication des indicateurs environnementaux et anthropiques à la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques

Vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques			
Facteurs de la vulnérabilité Composantes de l'écosystème oasien	Facteurs de vulnérabilité		Note de vulnérabilité de chaque composante
	Environnementaux d'exposition	Anthropiques de fragilité	
Ressources en eau	5/6	5/6	10/12
Ksar	1/6	4/6	5/12
Palmeraies	5/6	5/6	10/12
Note d'implication de chaque groupe de facteurs	11/18	14/18	Note globale de vulnérabilité de l'écosystème oasien= 25/36

Ainsi, on remarque que les ressources en eau et les palmeraies obtiennent une note d'exposition importante de 5/6. Elles seraient plus sensibles aux variations environnementales. Tandis que le Ksar, considéré à travers sa composante bâtie, obtient une note de 1/6, et semble subir une influence peu significative de ces facteurs.

On constate ainsi que les facteurs anthropiques socio-économiques et urbanistiques obtiennent une note très importante de 5/6, ainsi que les facteurs techniques qui ont une note important de 4/6. Ghardaïa se trouve actuellement soumise à une pression démographique liée au dynamisme économique des deux dernières décennies, conjuguées à l'absence de maîtrise dans l'utilisation des sols. Cela a induit un étalement

urbain non contrôlé et excessif sur le complexe oasien du M'Zab, ainsi que le gaspillage des ressources en eau, des rejets massif d'eaux usées, et l'abondance des coutumes et traditions sociales et locales... etc. Par conséquent, ces effets pervers ont dévalorisé le patrimoine et menacent durablement l'équilibre de cet écosystème fragile.

Fig. n °23 : Comparaison des notes d'implication des indicateurs environnementaux et anthropiques à la vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques

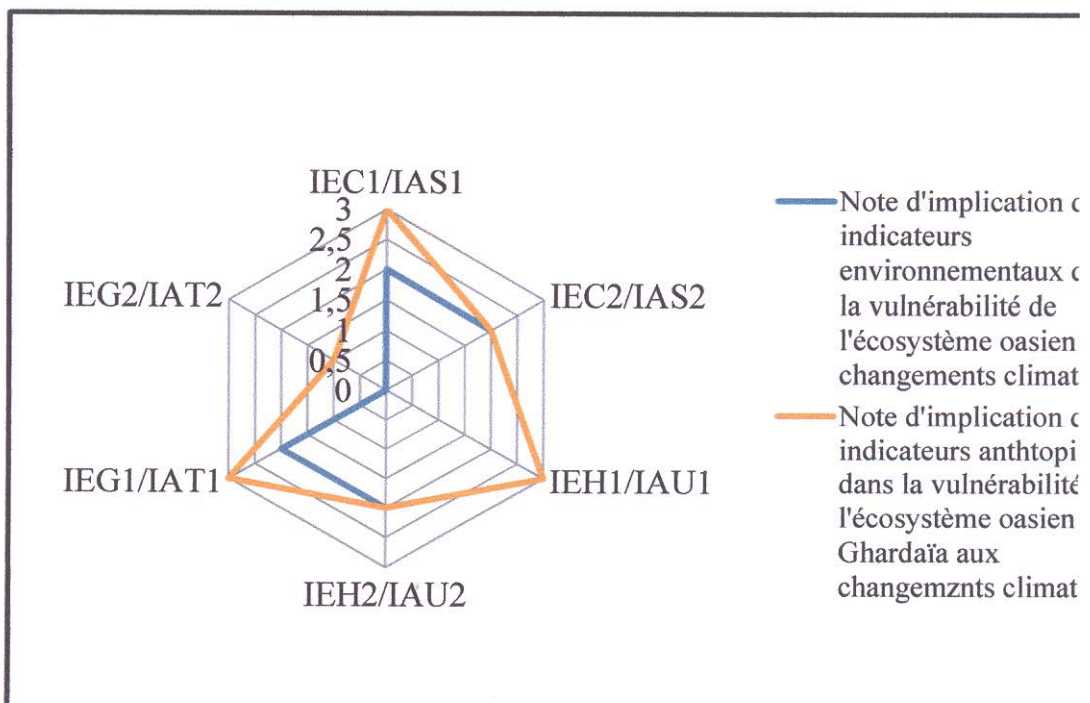
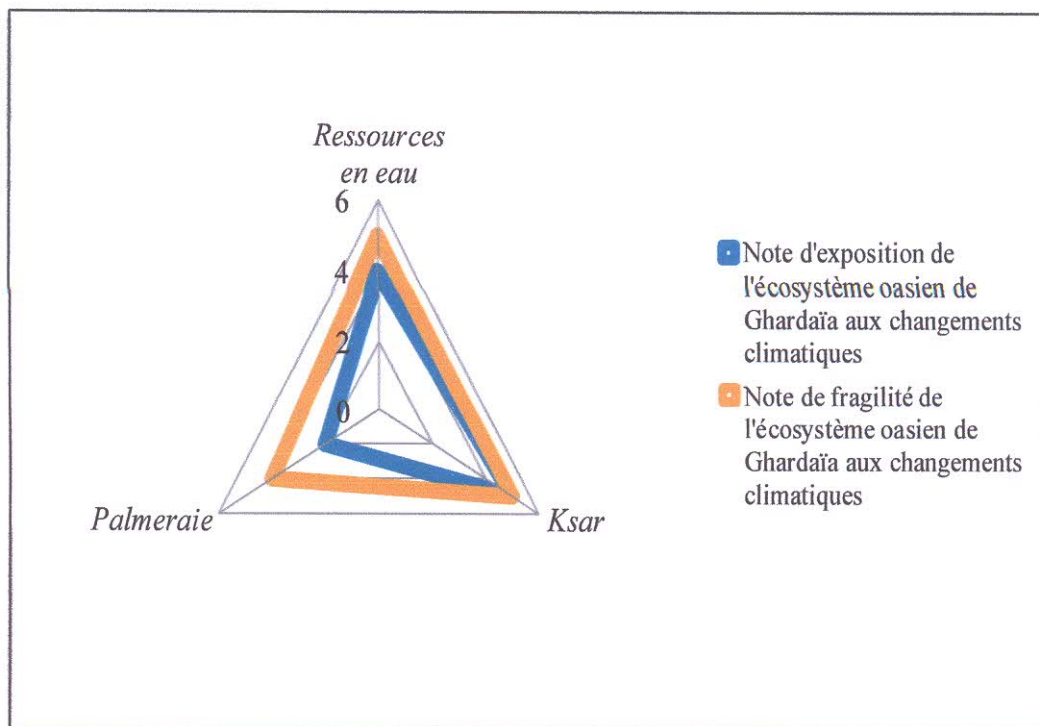


Fig. n °24 : Comparaison des notes d'exposition et de fragilité des composantes de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques



Ainsi dans l'écosystème oasien de Ghardaïa les ressources en eau et les palmeraies qui obtiennent une note de vulnérabilité de 11/12, semblent plus vulnérable que le Ksar qui obtient la note de 5/12. L'eau et les palmeraies sont les éléments clé pour la mise en place et la durabilité d'oasis, ce qui les rend plus fragile et expose aux différents événements, alors que le ksar est représenté comme une entité urbaine dans un milieu aride, qu'il est resté moins sensible.

Conclusion de chapitre 3 :

En conclusion, les facteurs anthropiques de fragilité obtiennent une note d'implication globale de 14/18, supérieure à celle des facteurs environnementaux d'exposition qui est de 11/18. Ce qui prêche à croire que l'écosystème oasien de Ghardaïa serait a priori plus fragile qu'exposée face aux changements climatiques. Autrement dit, que sa vulnérabilité est plus due à des facteurs anthropiques qu'à des facteurs environnementaux naturels.

L'équilibre ancestral de Ghardaïa est aujourd'hui fortement perturbé car les données environnementales et anthropiques ont fondamentalement changé. L'oasis de Ghardaïa a connu en l'espace de dernières décennies une croissance très rapide qui l'a amenée à changer d'échelle, de rythme et de mode de croissance et à devenir un centre urbain complexe objet de mutations sociales, culturelles et économiques. Cette situation appelle des mesures d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques et environnementales.

CONCLUSION GENERALE

Ces dernières années, nous avons pu observer l'ampleur des changements climatiques enregistrés en milieu urbain. Les impacts sur l'environnement sont multiples, avec des événements qui se produisent à une vitesse et une ampleur plus élevées que prévues. La préoccupation est croissante en zones arides où ils sont de plus en plus fréquents : sécheresses, désertification, augmentation de température, élévation du niveau de la mer, tempêtes et inondation, etc.

L'Afrique du Nord, déjà fréquemment touchée par les cycles des sécheresses et inondations, est aussi l'une des régions les plus vulnérables face aux impacts des changements climatiques qui constituent actuellement un important enjeu de développement.

Dans le contexte actuel des changements climatiques, l'Algérie, pays méditerranéen à dominante aride et semi-aride, est extrêmement vulnérable et sujette aux changements climatiques, soumise à des impacts adverses qui s'exercent en particulier, sur les ressources en eau, les sols, l'agriculture et la santé, etc. Les experts de l'Institut hydrométéorologique de formation et de recherche en Algérie prévoient un raccourcissement de la saison des pluies et une hausse des températures d'environ 1° à 1,5° en 2020, et de 3°C supplémentaires en 2050 à cause du réchauffement mondial. (CARITAS ALGERIE, 2011).

En Algérie, l'écosystème oasien a joué un rôle primordial dans la création d'ambiance thermique confortable en plein désert. Les populations qui s'y installèrent créèrent un système d'adaptation à ce milieu naturel très particulier. La lutte de l'homme se traduit par la construction d'unités complexes introverties renfermées par une enceinte, ces unités parfaitement adaptées aux conditions climatiques et à son environnement, constituent un lieu de survie et de refuge à une vie sociale en liaison avec son support économique et agricole irrigué par le système d'irrigation artésiens, ainsi se crée l'équilibre du milieu existentiel basé essentiellement sur les trois éléments : ksar - palmeraie - eau. C'est un véritable microclimat local plus frais, diminuant les effets extrêmes du soleil et du vent, et crée des échanges par convection qui maintiennent les niveaux de température et d'humidité constants sous la voûte des palmiers.

C'est un savoir-faire traditionnel adapté à son environnement, qui manifeste une conscience suffisante des différents facteurs d'exploitation, de production et de pérennité du système écologique. Durant des siècles de pratique, les populations ont su développer, mettre à l'épreuve et adapter un ensemble de techniques de conduite, de durabilité et d'exploitation des particularités naturelles et socioéconomiques spécifiques de son milieu. Ce savoir-faire, transmis d'une génération à l'autre, s'est vu continuellement perfectionné pour s'adapter aux circonstances nouvelles. Ils ont laissés également une marque sur le paysage permettant à celui-ci de se créer une identité forte et d'une beauté inoubliable.

Aujourd'hui, l'oasis fait face au défi additionnel du changement climatique et devient vulnérable, du fait de contraintes plus importantes (pénurie d'eau, événements météorologiques extrêmes). Elles doivent être mesurées en fonction des capacités d'adaptation et tenir compte du fait que les impacts et les effets du changement climatique sont non seulement générés par des causes purement climatiques, mais aussi conditionnés par une multiplicité de processus et de facteurs d'origine anthropique.

D'après les résultats d'évaluation de la vulnérabilité, à Ghardaïa cet écosystème serait a priori plus fragile qu'exposé face aux changements climatiques:

- *L'exposition de l'écosystème oasien* : Les changements climatiques qui sont observés que ce soit à l'échelle mondiale ou nationale se traduisent à l'échelle locale au niveau de Ghardaïa (comme exemple de l'ensemble des oasis de la vallée de M'Zab) en événements extrêmes de crues et d'inondations, dérèglement des précipitations et des saisons en sécheresse chronique, à l'origine de la modification de microclimat.
- *La fragilité anthropique de l'écosystème oasien* : Liée à la gestion irrationnelle des ressources naturelles qui entraîne la perturbation et la dégradation de cet écosystème.

Ce qui confirme que l'action anthropique contemporaine tout au long du XXème siècle, notamment au cours des dernières décennies, a un impact sur le

milieu naturel d'une manière générale et sur l'écosystème oasien, l'eau et les palmeraies en particulier.

Les changements socioéconomiques, dus essentiellement à la pression démographiques, ont entraîné une extension urbaine de Ghardaïa et les communes voisines (la vallée de M'Zab) devenues une seule agglomération au détriment des palmeraies, a tendance à étouffer le patrimoine bâti des ksour et les palmeraies. L'occupation intensive des zones inondables, la disparition des palmeraies et le déclin de l'activité agricole traditionnelle, la pollution de la nappe phréatique, la consommation de l'eau courante quant à elles ont augmenté entraînant une multiplication incontrôlée avec un grand volume des eaux usées évacués. D'où le déséquilibre, la dévalorisation et la perturbation de cet espace oasien très sensible et fragile.

En effet, les résultats obtenus montrent également la quasi disparition de l'espace oasien. Il n'a fallu que très peu de temps pour voir les palmeraies et l'espace entre Ghardaïa et les communes voisines (les oasis) s'urbaniser et devenir une agglomération géante le long de la vallée. Il s'agit non seulement d'une perturbation de l'écosystème oasien mais aussi de la destruction et l'abandon du caractère d'oasis de Ghardaïa. Compte tenu que la vallée du M'Zab vit depuis quelques années déjà une dynamique de développement touchant plusieurs secteurs. Cependant, ces efforts de mise à niveau se sont souvent faits d'une façon isolée d'un secteur à un autre ce qui a engendré un développement déséquilibré au détriment de certaines ressources porteuses de potentialités certaines.

En conclusion, notre hypothèse de recherche semble confirmée, appelant à l'élaboration d'une stratégie de réduction de la vulnérabilité pour l'adaptation aux changements climatiques. Dans le cadre de la démarche du développement durable des oasis, il est recommandé de les concevoir à la fois sur le plan écologique (préservation et économie d'usage des ressources), social (acceptabilité et responsabilité) économique (des activités rentables) et culturel (valeurs et qualités humaines d'endurance, de solidarité, de générosité et de patience). Dans cet esprit, il sera nécessaire de :

- Mettre en œuvre un programme de sensibilisation en milieu social, et d'étude adéquate de planification du territoire tenant compte de la dimension des changements climatiques dans différents domaines (s'inscrivant dans un projet globale de la société et de l'Etat, en action)
- Limiter l'extension urbaine et créer de nouveaux pôles urbains (durable) à l'extérieur de la vallée du M'Zab, sur des choix fonciers précis éloignés des zones à risques et du patrimoine à préserver. (aménagement harmonieux du territoire avec la préservation du milieu naturel.)
- Gérer de manière intégrée et durable les ressources en eau (protection et valorisation des ressources, oueds et nappes, la lutte contre l'inondation, gestion et recyclage les eaux usées, gestion des déchets).
- Préserver les palmeraies et développer le savoir traditionnel pour une révolution verte durable (protection et restauration des palmeraies dégradées de la vallée M'Zab afin de préserver le microclimat local).

A l'issue de cette recherche, quelques axes de recherche s'avèrent nécessaire à développer, essentiellement autour de la capacité de l'écosystème oasien à absorber la crise et à retrouver un équilibre. Autrement dit autour de capacité de résilience face aux changements climatiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHOUR Mansour, 2011, *Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa*, ANRH, secteur de Ghardaïa, 16p.
- AROUA Nadjet, 2012, *Facteurs de vulnérabilité et capacité de résilience du milieu urbain face aux risques hydro climatiques, dans la commune algéroise d'El Harrach*, thèse doctorat spécialité: urbanisme et environnement, EPAU, Alger, 327p.
- BABKER M, 2010, *Contribution à l'étude hydrogéologique des zones arides exemple de La Vallée du M'Zab* », Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Alger, 155p.
- BENCHERIF Meriama-CHAOUCHE, 2007, *La Micro-urbanisation et la ville-oasis; une alternative à l'équilibre des zones arides pour une ville saharienne durable CAS du Bas-Sahara*, mémoire de doctorat en sciences, option : urbanisme, Constantine, 439p.
- BENSABA Hocine, BENSABA Lahcen, ACHOUR Mansour, 2011, *Réflexions pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab (Algérie)*, Colloque international, usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en Méditerranée : quels enjeux pour quels services ?, Univ de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 13p.
- BEN SALAH Mohamed, Article 2012, *L'écosystème oasien*,
- BEN YUCEF Brahim, 2010, *Le M'Zab, parcours millénaire*, Ed Alpha Alger, 423p.
- BOUDJELLAL Lazhar, 2009, *Rôle de l'oasis dans la création de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides*, thèse de Magister, Constantine, 156p.
- COURNOYER Claude, 2004, *Le paysage de l'oasis dans le sud Maroc, Workshop de la CUPEUM Marrakech 2004*, Université de Montréal, Chaire UNESCO paysage et environnement, 17p.
- CIRESS Colloque International sur les ressources en eau souterraines dans le Sahara, 2005, *Résumé et conclusion de communication*, Ouargla, 28p.
- Djennane A. *Constat de situation dans des zones Sud des oasis algériennes, Les systèmes agricoles oasiens*, (Revue options Méditerranéennes : Série A, n° 11), CIHEAM, p29-40.

- DOLLE V, FERRY M, TOUTAIN G, 1990, *Situation des systèmes oasiens en régions chaudes, Les systèmes agricoles oasiens*, (Revue options Méditerranéennes : Série A, n° 11), CIHEAM, p7-18.
- FERNANDO Valérie, 2010, *Les conséquences du changement climatique sur les régions arides en Inde*, Centre for Education and Documentation.
- FERNINI Assia, 2008, *Evaluation méthodologique de la vulnérabilité urbaine face aux risques majeurs, simulation partielle sur un quartier témoin Algérois*, mémoire de magister, option : Architecture et environnement, EPAU, Alger, 169p.
- GUEMARI F, 2008, *Etude 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 Ateuf, Guerrara, Beniizguene, Berriane et Bounoura*, mémoire de magister, option : Aménagement hydraulique en zones arides, Ouargla, 123p.
- HOUZIR Meriem, 2010, *Approche locale et territoriale du changement climatique dans les Pays Arabes*. PNUD, 76p
- HUBERT Ummanuel, 2004, *étude du concept de vulnérabilité, une notion d'avenir*, projet SINDYNIQUE, p29.
- IISD, 2003, *Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques, Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre*, Institut international du développement durable, 14p.
- KARA Kamel Mostafa, *L'Afrique, continent clé face au défi climatique*, Dahlab, Alger, 118p.
- KERGOMARD Claude, 2009, *Changement climatique : des causes physiques à la géographie des risques*, Regards croisés sur l'économie 2009/2 n° 6, DOI, Cairn, p 33-44.
- KRAMI Fisal, 2012, *La prise en compte du risque d'inondation dans la planification urbaine durable cas de la vallée de M'Zab*, EPAU, Alger. 220p.
- Laboratoire de protection des écosystèmes en zone aride et semi-aride, 2009, *Recueil des résumés de séminaire international, protection et préservation des écosystèmes sahariens*, Université KASDI Merbah Ouargla. 130p

Vulnérabilité de l'écosystème oasien aux changements climatiques cas de Ghardaïa

Mémoire de Master. EPAU 2014

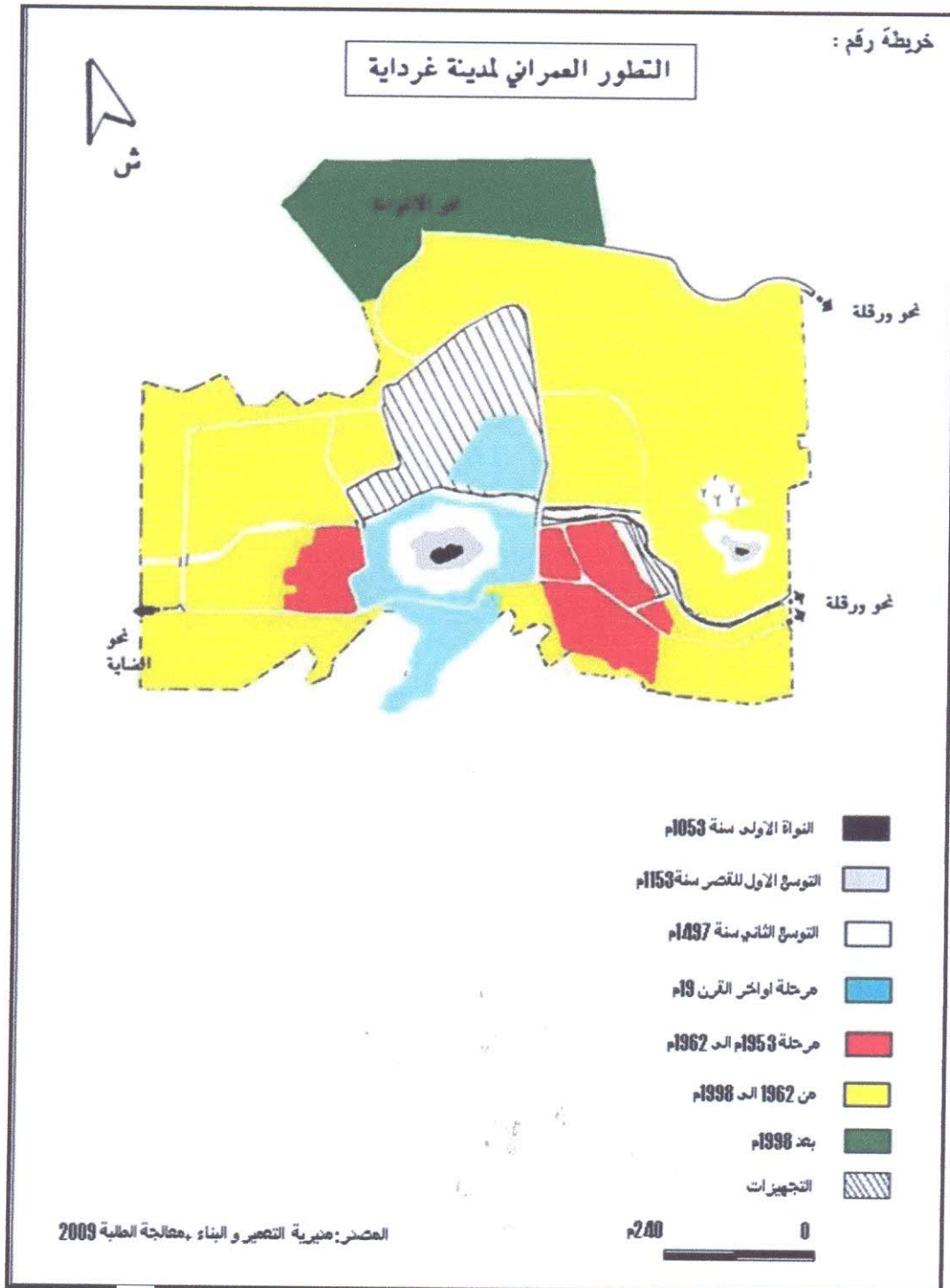
Messaoud HINANA

- www.om.ciheam.com
- www.environnement.com
- www.opvm.com
- www.pnud.org
- www.raddo.org

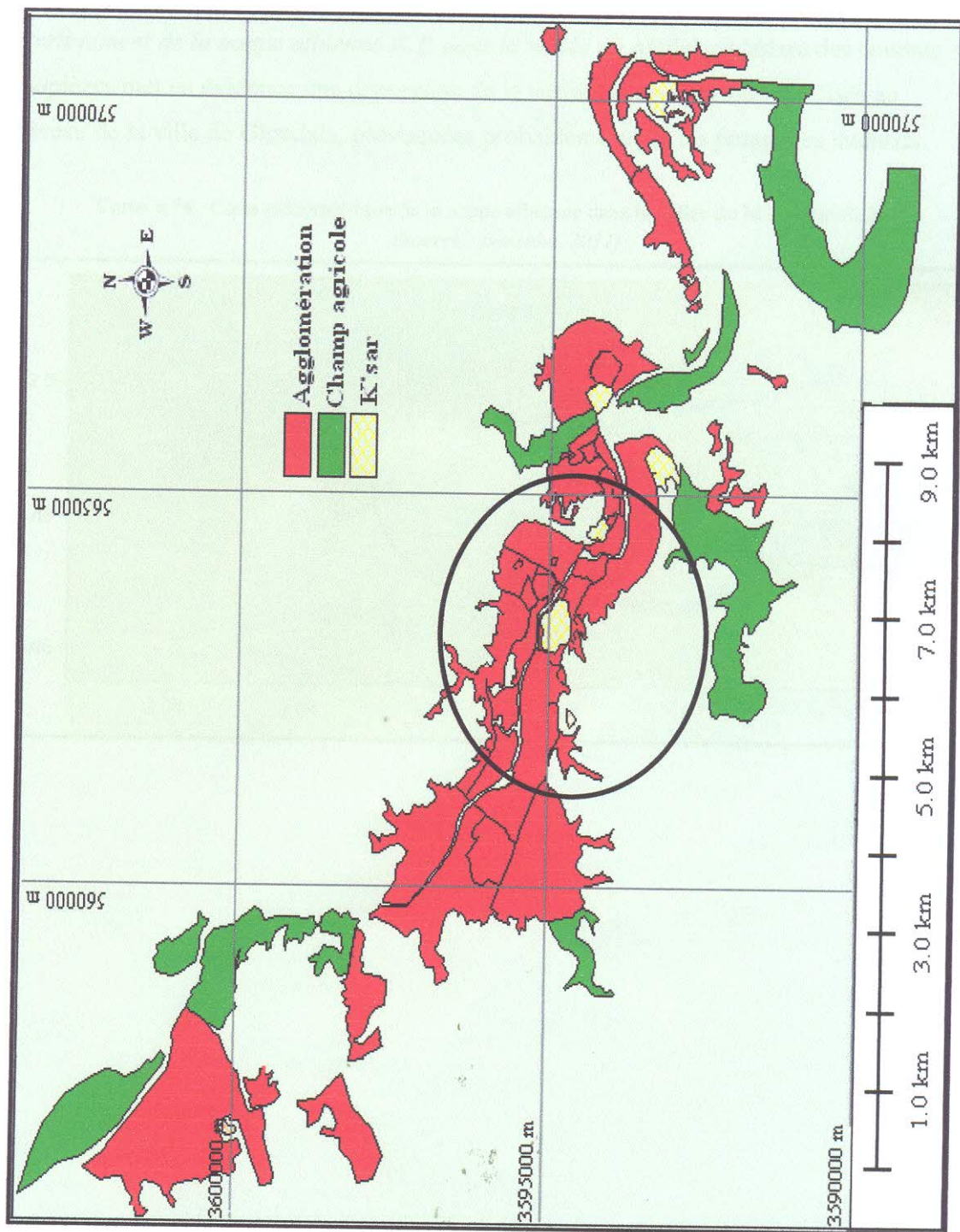
ANNEXE

Annexe n°1 : Développement urbain de Ghardaïa.

Carte. n °1: Carte de développement urbain de Ghardaïa
(Source : DUC Ghardaïa, 2009)



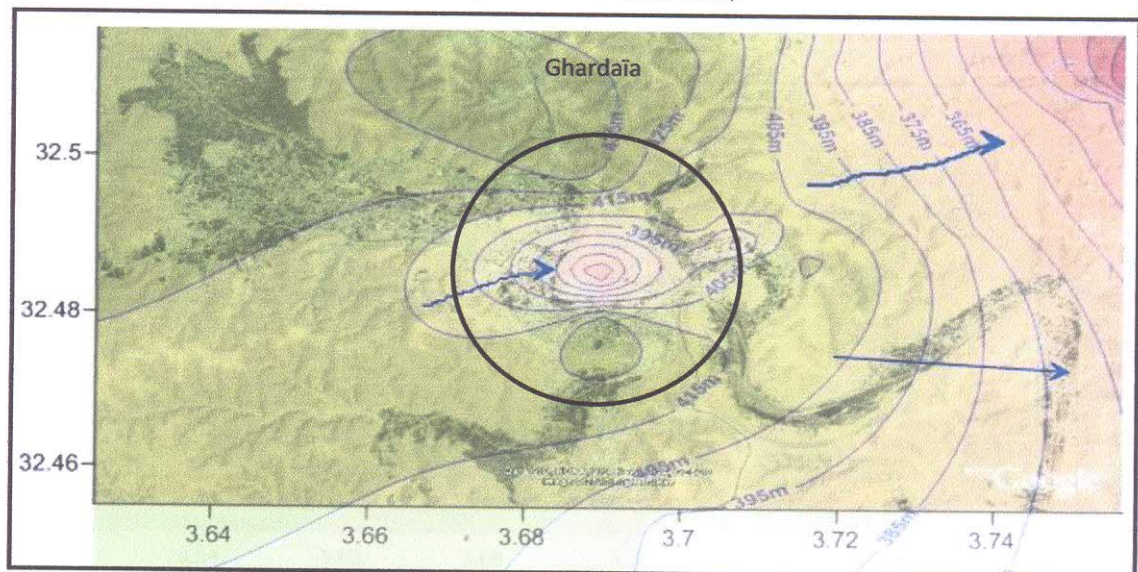
Carte. n°3 : Carte d'occupation du sol dans la vallée du M'Zab (2008)
(Source : :Bensaha, 2011)



Annexe n°2 : Etat de la nappe albienne dans la vallée du Mzab.

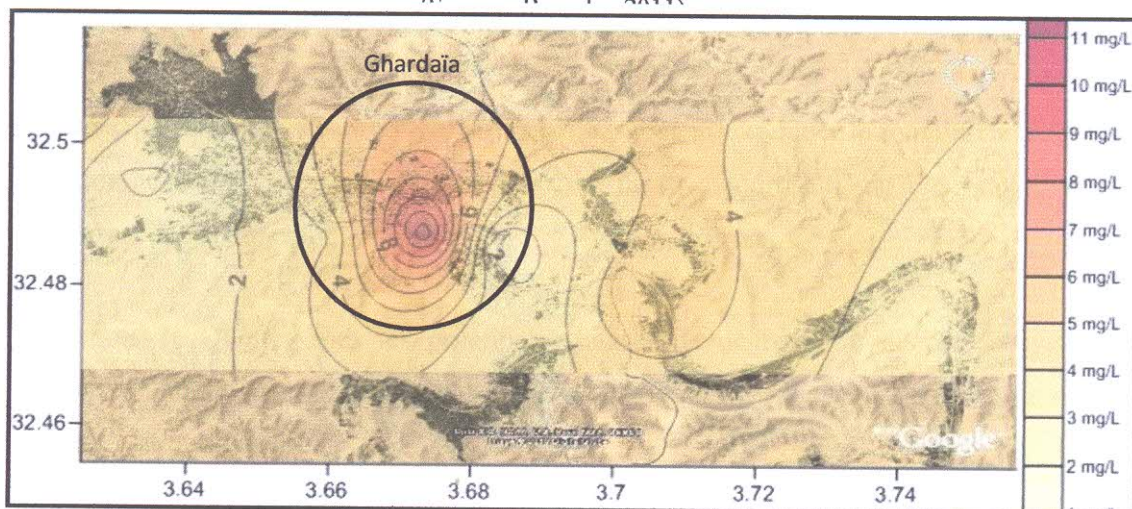
Prélèvement de la nappe albienne (CI) dans la vallée du M'Zab : L'allure des courbes isopièzes met en évidence une dépression de la surface piézométrique localisée au niveau de la ville de Ghardaïa, provoquées probablement par les pompages intensifs.

Carte. n °4 : Carte piézométrique de la nappe albienne dans la vallée du M'Zab (avril,2008)
(Source : Bensaha, 2011)



Qualité bactériologique des eaux de la nappe: Une analyse bactériologique des eaux de la nappe a été effectuée en 2005, portée essentiellement sur la détermination du taux de la DBO5 ; nous révèle en général que, la concentration est inférieure à 4mg/L, à l'exception du centre-ville de Ghardaïa où elle très élevée (11 mg/L). Probablement est due à une alimentation extérieure de la nappe par l'infiltration des eaux usées (réseau d'assainissement dégradé), ou par les fosses septiques. La région est une zone urbaine à forte densité de population.

Carte. n °5 : Carte de salinité de Variation de la DBO5 dans les eaux de la nappe phréatique de la vallée (2005)



Annexe n°3 : Interview ciblé à différents acteurs locaux.

Questions à poser aux professionnels de l'Office de Protection de la vallée du M'Zab, l'Agence nationale des ressources hydrauliques de Ghardaïa, la Direction de l'environnement, de l'agriculture et de l'urbanisme et l'Association pour la protection de l'environnement de Béni-Isguen. Ce questionnaire permet d'argumenter la notation des indicateurs environnementaux et anthropiques de vulnérabilité de l'écosystème oasien de Ghardaïa aux changements climatiques :

Question 1 : L'écosystème oasien est composé de trois éléments principaux : eau-ksar-palmeraies. Or on constate aujourd'hui que l'oasis de Ghardaïa une perturbation de leur fonctionnement ancestral.

Pour ce qui relève de vos prérogatives, pourriez-vous m'expliquer le fonctionnement de ces composantes? Se poursuit-il de la même façon aujourd'hui, ou bien auriez-vous remarqué des changements ?

Question 2 : Quelles sont les principales causes de dégradation de cet écosystème oasien ? Quelle est la plus grave menace et le premier responsable ? L'homme ou la nature ? Et pourquoi ?

Question 3 : Pensez-vous que les changements climatiques actuels ont des effets réels sur l'oasis de Ghardaïa ? Quels seraient les enjeux en présence?

Question 4 : Comment interprétez-vous l'action de l'homme aujourd'hui sur l'écosystème oasien ? Serait-elle rattrapable ?

Question 5 : Dans vos programmes de développement, prenez-vous en compte la problématique des changements climatiques? Comment votre Direction envisage-t-elle de réduire les causes de vulnérabilité de cet écosystème aux changements climatiques ?

Question 6 : Est-ce que vous participez à des programmes ou des événements scientifiques sur le changement climatique ? En quoi consistent vos participations ?