

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° d'ordre :

Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
de Master

Spécialité : "Changement climatique & adaptation"

Thème

**Etude de la vulnérabilité d'un territoire aux changements
climatiques : cas de la région de Merdjet Sidi Abed
(wilaya de Relizane)**

Présenté par :

Mr. KRIM Hassan

Soutenu le 03 juillet 2016 devant la commission d'examen :

Mr. CHACHOUA M.
Mr. HASSANI M.I.
Mme BERRAHI-MIDOUN F.

M.C.A
Professeur
M.A.A

Président
Encadreur
Examinatrice

Oran 2016

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, qui m'a permis de m'instruire et d'arriver aussi loin dans mes études, qui m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, et qui m'a permis d'achever ce travail.

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes sincères remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail.

Je tiens en particulier à présenter mes humbles et sincères remerciements ainsi que toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude à mon promoteur et responsable du master Climadapt, Monsieur HASSANI Moulay Idriss pour tout son dévouement lors de mon encadrement, pour tout son aide et ses précieux conseils et ses encouragements incessants, et surtout pour sa disponibilité, sa patience et sa compréhension.

Mes remerciements et mon profond respect vont également à Monsieur CHACHOUA Mustapha, enseignant du master Climadapt, pour tout son aide et ses précieux conseils et ses encouragements incessants, et de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens également à remercier Madame BERRAHI-MIDOUN Fatiha, enseignante du master Climadapt, pour ses encouragements et d'avoir bien voulu examiner ce mémoire.

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble des enseignants du master CLIMADAPT, en particulier, Monsieur KOUTI Abdelaziz, Monsieur TRACHE Abdelhak, Monsieur SAHABI Salah, Monsieur AMOKRANE Khelifa ainsi que les autres enseignants pour leurs conseils, orientations et aides. Je remercie également toute l'équipe de l'administration du département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, et en particulier, mon ami BELKACEM Abdelkader.

Je ne manque pas de remercier tous ceux qui m'ont facilité la tâche tout le long de la réalisation de ce travail, à savoir : le personnel de la station du barrage Merdjet Sidi Abed, le personnel de la station INRAA de Hmadna, le personnel administratif du secteur de l'Environnement, de la Pêche, de la subdivision de l'Hydraulique d'Oued Rhiou, et surtout à toute l'équipe du service des forêts de Relizane.

A mes parents,

*A ma femme **D. HELLAL** qui, avec son dévouement et ses sacrifices, a permis à ce travail de voir le jour,*

*A mes petites filles **HOUDA et AMIRA,***

A toute ma famille et ma belle famille,

A mes amis,

Je dédie ce mémoire.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
TABLE DES MATIERES	3
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	5
SIGLE ET ABREVIATIONS	7
INTRODUCTION GENRALE	8

CHAPITRE I - CONCEPTS DE BASE SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

1- CHANGEMENTS CLIMATIQUES A L'ECHELLE GLOBALE	10
1-1 LES CAUSES DU RECHAUFFEMENT.....	10
1-2 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVES AU COURS DU 20 ÈME SIECLE.....	11
1-3 LA MODELISATION CLIMATIQUE	13
1-3-1 LES MODÈLES DE CIRCULATION GÉNÉRALE (MCG)	13
1-3-2 LES DIFFERENTS SCENARIOS	14
1-4 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES PROJETES POUR LE 21ÈME SIECLE.....	14
1-5 CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ALGERIE	16
1-6 CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BASSIN DU CHELIF.....	16
1-6-1 EVOLUTION DES TEMPÉRATURES	17
1-6-2 EVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS	17
2- VULNERABILITE DES RESSOURCES EN EAU AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ALGERIE	19
3- DEFINITION DES CONCEPTS RELATIFS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE..	19

CHAPITRE II - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE LA REGION DE MERDJET SIDI ABED

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE.....	23
II - ETUDES PREEXISTANTES SUR LA REGION D'ETUDE.....	25
III - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE REGION D'ETUDE.....	25
1 - CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE	26
2 - CONTEXTE PÉDOLOGIQUE	36.
3 - CONTEXTE GÉOLOGIQUE	28
4 - CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	28
4-1 LA NAPPE ALLUVIALE.....	29
4-2 LA NAPPE DES CALCAIRES À LITHOTHAMNIÉES.....	30
4-3 LES GRÉS ASTIENS.....	31
5- LES RESSOURCES EN EAUX SUPERFICIELLES	31
5-1 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET QUALITÉ DES EAUX	31
5-2 PRINCIPALES INFRASTRUCTURES (BARRAGES) DE MOBILISATION DES EAUX SUPERFICIELLES.....	31
5-2-1 LE BARRAGE DE DÉRIVATION DE BOUKADIR	31
5-2-2 LE BARRAGE DE LA MERDJET SIDI ABED	32
5-2-3 LE BARRAGE RÉSERVOIR DE GARGAR	33
6- FAUNE ET FLORE DE LA RÉGION D'ÉTUDE	34
7- OCCUPATION DES SOLS	35
8- ZONES URBAINES.....	35

CHAPITRE III - ETUDE DES FACTEURS CLIMATIQUES ET IMPACTS SUR LA ZONE D'ETUDE

I- CARACTERISTIQUES CLIMTIQUES DE LA REGION D'ETUDE	36
I- CARACTERISTIQUES CLIMTIQUES DE LA ZONE DE MERDJET SIDI ABED.....	39
II-1 ANALYSE DES PRECIPITATIONS.....	39
II-2 ANALYSE DES TEMPERATURES.....	40
VI - IMPACTS OBSERVES ET POTENTIELS SUR LA ZONE D'ETUDE.....	41
VI -1 IMPACTS SUR LE BARRAGE DE LA MERDJET SIDI ABED.....	41
VI -2 IMPACTS SUR LE PERIMETRE DE LA MERDJET SIDI ABED.....	48
1- LES CHANGEMENTS AFFECTANT LES EAUX SOUTERRAINES.....	48
2- LES IMPACTS SUR LES ÉCOULEMENTS DE SURFACE	49.
3- LES CHANGEMENTS AFFECTANT LES EAUX DE BARRAGES (ENVASEMENT, ETC.).....	49
4- IMPACT DE L'ÉROSION	50
5- IMPACT DE LA SALINITÉ	50
6- IMPACT SU L'OCCUPATION DU SOL	50
7- IMPACT SUR LE RISQUE DE FEUX DE FORET	51
8- IMPACT SUR L'AGRICULTURE	51
9- IMPACT SUR LE MILIEU ET L'ÉCOSYSTÈME	51
10- IMPACT SUR LA ZONE HUMIDE	51
11- IMPACT SUR LA PISCICULTURE	52
12- IMPACT SOCIOÉCONOMIQUES	53
13- IMPACT SUR L'ACTIVITÉ TOURISTIQUE	53
14- IMPACT SUR LA SANTÉ	53.

CHAPITRE IV - ETUDE DE LA VULNERABILITE AUX FACTEURS CLIMATIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

1 - DEMARCHE POUR L'ETUDE DE LA VULNERABILITE SOCIO-ECONOMIQUE D'UN TERRITOIRE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	54
2- LES ETAPES DE L'ANALYSE DE LA VULNERABILITE	55
3- INDICATEURS DE VULNERABILITE POUR LES SECTEURS PRIORITAIR.....	56
3-1 RESSOURCES EN EAU.....	56
3-2 BIODEVERSITE ET FORET	57
3-3 AGRICULTURE ET PECHE	58
3-4 TOURISME.....	59
4 - INTERACTIONS SECTORIELLES	60
5 - LA MATRICE DE LA VULNERABILITE	61
CONCLUSION GENERALE	72
BIBLIOGRAPHIE	73
ANNEXES.....	75

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure. 1: a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO₂.

Figure .2: La simulation des variations de température de la Terre et la comparaison des résultats aux changements.

Figure 3 : Variations observées (a) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, et (b) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère nord en Mars–Avril. Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990.

Figure 4 : Maillage tridimensionnel (MCG)

Figure 5 : Projections du réchauffement global moyen en surface (En °C en 2090-2099 par rapport à 1980–1999)

Figure 6 : (a) Émissions mondiales de gaz à effet de serre. (b) Réchauffement global de la température en surface par rapport à 1980-1999 (moyennes mondiales).

Figure 7 : Evolution et différence de températures (À la fin du XXIème par rapport à la fin du XXème siècle)

Figure 8 : Diagramme Ombothermique de la plaine du chélib (1985-2002)

Figure 9: Variation moyenne annuelle des températures max, min et moy (1936/2009). D'après les données de l'ONM de Chélib.

Figure 10: variation annuelle des précipitations pour la station ONM Chlef (1936-2009). D'après les données de l'ONM de Chélib.

Figure 11: variation annuelle de précipitation de la station O.Sly (1926-2008). D'après les données de l'ONM de Chélib.

Figure 12 : Schéma explicatif des concepts associés à la vulnérabilité au changement climatique (Source Sogreah, 2010).

Figure 13. Localisation géographique générale de la région d'étude.

Figure 14 : Situation géographique de la zone d'étude

Figure 15 : carte de localisation administrative de la zone d'étude

Figure 16 : Aperçu morphologiques du de la zone d'étude (combinaison entre l'imagerie satellitale et le modèle numérique de terrain)

Figure 17: Carte géologique et hydrogéologique de la région de Merdjet Sidi Abed (extraits de cartes, ANRH, 2009).

Figure 18: Carte hydrogéologique de la région de Merdjet Sidi Abed (extrait, PNE 2010).

Figure 19 Barrage de dérivation de Boukadir

Figure 20: Point d'alimentation gravitaire du lac

Figure 21 : Point d'alimentation par pompage du lac

Figure 22 : Canal Tronc Commun (S .B 2013)

Figure 23 : les 04 Pompes de la Station de pompage.

Figure 24: Carte pluviométrique du bassin Cheliff pour la période (1961 - 1999) (MREE, 2010)

Figure 25 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station de Hmadna de la période 1985 - 2007.

Figure 26: Position de la station de Hmadna sur le climagramme d'Emberger

Figure 27 : Carte des étages bioclimatiques du bassin Cheliff (MREE, 2010).

Figure 28 : Cumul annuel des précipitations à la station de Hmadna (1993-2015).

Figure 29: Moyennes annuelle des températures de la station de Hmadna (1993-2012).

Figure 30: Moyennes des températures interannuelles de la station du barrage Merdjet Sidi Abed (2001 -2014).

Figure 31: Températures et Variations de la cote (niveau) du barrage de Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014

Figure 32 : Barrage MSA en bonnes conditions de remplissage

Figure 33 : Barrage MSA en mauvaises conditions de remplissage

Figure 34 : Variations de la Surface annuelle moyenne du barrage de Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014

Figure 35 : la variation annuelle du Cote du barrage de Merdjat Sidi Abed Période (1990 - 2013

Figure 36 : Surface moyenne mensuelle du barrage de Merdjet Sidi Abed

Figure 37 : Variogramme et carte de la salinité établie par krigeage ordinaire

Figure 38 : Schéma explicatif des concepts associés à la vulnérabilité au changement climatique au niveau d'un territoire (Sogreah, 2010).

Figure 39 : Schéma des étapes à suivre pour l'analyse de la vulnérabilité d'un territoire (Sogreah, 2010)

Tableau 1: Moyennes mensuelles des précipitations et des températures de la station de Hmadna (1985-2007).

Tableau 2 : Température moyenne Annuelle de la Période (1913 - 1938)

Tableau 3 : Température moyenne Annuelle de la Période (1977 - 2001)

Tableau 4 : Température moyenne Annuelle de la Période (2001 - 2013)

Tableau 5 : Augmentation de la Température entre 1913 et 2013

Tableau 6: Cumul annuel des précipitations de la station de Hmadna (1993-2015).

Tableau 7: températures interannuel de la station de Hmadna (1993-2012).

Tableau 8 : Températures interannuel et Variations de la cote (niveau) du barrage de Merdjat Sidi Abed 1990 – 2014

Tableau 9 : Variations de la Surface annuelle moyenne du barrage de

Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014

Tableau 10 : Observations et Commentaires sur la variation annuelle du Cote (niveau) du barrage de Merdjat Sidi Abed Période (1990 - 2013).

Tableau 11 : Espèces floristique et faunologiques existantes dans la zone d'étude

Tableau 12: les espèces poissonsensemencées dans le barrage de la Merdjet Sidi Abed

Tableau 13 : Conséquence des impacts du changement climatique d'un secteur, sur les autres secteurs.

Tableau 14 : Matrices de Vulnérabilité

SIGLE ET ABREVIATIONS

CC Changement Climatique

CCNUCC Convention – Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

CPDN Contribution Prévues Déterminées au niveau National

GES Gazes à effet de serre

GIEC Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

INSID Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage

MCG Modèles de Climat Global

MRC Modèles Régionaux de Climat

M S A Merdjet Sidi Abed

ONM Office Nationale de la Météorologie

PNUD Programme des Nations Unies pour le Développement

PNUE Programme des Nations Unies pour l'Environnement

ppm part per million

ppb part par billion

INTRODUCTION GENERALE :

Les émissions passées et futures de CO₂ continueront à contribuer au réchauffement et à l'élévation du niveau de la mer pendant plus d'un millénaire, compte tenu de leur durée de vie dans l'atmosphère. Le changement climatique même maîtrisé s'accompagnera par conséquent de phénomènes météorologiques plus violents, auquel il faudra consacrer plus de financements. Il apparaît donc essentiel d'étudier en premier lieu la vulnérabilité des territoires face aux évolutions climatiques à venir afin de déterminer une stratégie à moyen et long terme. En deuxième lieu les politiques d'adaptation auront pour objet de réduire la vulnérabilité des territoires vis-à-vis des incidences du changement climatique et de les mettre en position de tirer avantage de leurs effets bénéfiques. A cet effet, l'approche adaptée est de privilégier la question des interactions entre acteurs/activités, tant dans l'espace (partage des ressources entre usages, etc.) que dans le temps (transition d'une situation à une autre, intégration du long terme pour la planification, etc.), et des moyens d'ajustement correspondants, y compris via les systèmes de gouvernance.

La présente étude s'inscrit dans une démarche de diagnostic des vulnérabilités d'un territoire, exposés au phénomène du changement climatique, le périmètre choisi pour cette étude est le secteur situé autour du plan d'eau de Merdjet Sidi Abed située dans la wilaya de Relizane et aux caractéristiques de zones humide. Le secteur d'étude occupe une position stratégique, à la jonction du bassin versant du Moyen et Bas Chélif, vue la particularité des relations entre les différentes composantes et interactions internes et externes d'ordre : milieu physique et activités anthropiques. Un changement dans une partie d'un bassin versant peut avoir des conséquences dans d'autres parties de ce même bassin versant. La région d'étude se caractérise par la présence d'importantes ressources et potentialités hydriques : traversée par l'Oued Chélif et l'Oued Rhiou avec présence de trois barrage sur un périmètre réduit (barrages de Merdjet Sidi Abed, Boukadir et Gargar), présence de zones humides, l'importance de l'activité agricole, développement de la pisciculture, etc. Le tout est marqué par un ensemble de problèmes déjà rencontrés depuis plusieurs décennies : stress hydrique, érosion, envasement des barrages, salinité, baisse du niveau des nappes phréatiques, faiblesse des rendements agricole, problèmes d'occupation du sol. La région présente un choix pertinent pour étudier les problèmes des changements climatiques, actuels et prévus sur un territoire restreint.

Cette étude se basera sur la mise en œuvre d'une méthodologie permettant une prise en main de la notion de vulnérabilité socio-économique d'un territoire face au changement climatique, basée sur l'identification des activités économiques structurant ce territoire (Sogreah en 2010). La méthodologie propose une "boîte à outils" (démarche, bibliographie, sources) aux acteurs locaux susceptible de leur permettre de disposer d'un instrument de veille simplifié et performant adapté aux réalités locales. Elle est basée notamment sur la production de matrices synthétiques croisant les milieux et les activités économiques, afin de mettre en évidence des points spécifiques de vulnérabilité. L'objectif final poursuivi est la mise en valeur de priorités d'actions, de points de vigilance, facilitant l'anticipation des acteurs. Dans cette étude, en fonction de la spécificité de la région, les secteurs prioritaires sélectionnés seront les ressources en eau, la préservation des milieux naturels, l'agriculture et le tourisme (écologique).

1- CHANGEMENTS CLIMATIQUES A L'ECHELLE GLOBALE

Selon le quatrième rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), publié en 2007, la vitesse moyenne du réchauffement au cours des cent dernières années (1906-2005) s'élève à 0,74°C (de 0,56 à 0,92°C), sachant qu'elle s'est largement accélérée au fil des cinq dernières décennies. Le GIEC réaffirme par ailleurs dans son rapport que les facteurs naturels (rayonnement solaire, activité volcanique) ne peuvent à eux seuls expliquer ce phénomène et confirme, avec une très grande confiance, que l'essentiel de l'augmentation observée de la température moyenne globale depuis le milieu du XXème siècle est imputable à l'accroissement observé des émissions de gaz à effet de serre par les activités anthropiques (industries, transports, élevage intensif, etc.)

Le Changement climatique est défini par le GIEC comme suit : "Variation de l'état du climat, que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus".

1-1 LES CAUSES DU RECHAUFFEMENT

Les causes des variations du climat de la Terre sont multiples. Certaines sont naturelles :

- 1° Variations de l'insolation dues à la perturbation de l'orbite que la Terre décrit autour du soleil.

- 2° Changements du flux d'énergie solaire.

- 3° Injections de poussières volcaniques dans la stratosphère.

- 4° Changements de la circulation globale de l'océan ou développement d'instabilités des calottes glaciaires.

D'autres sont liées aux activités humaines. Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère. On observe un accroissement sensible des concentrations atmosphériques en gaz carbonique, en méthane et en oxyde nitreux ; le taux de CO₂ est passé de 280 ppm à près de 380 ppm. Ces variations dépassent largement celles observées au cours des 400 000 dernières années, lorsque les cycles biogéochimiques ne subissaient que des variations naturelles.

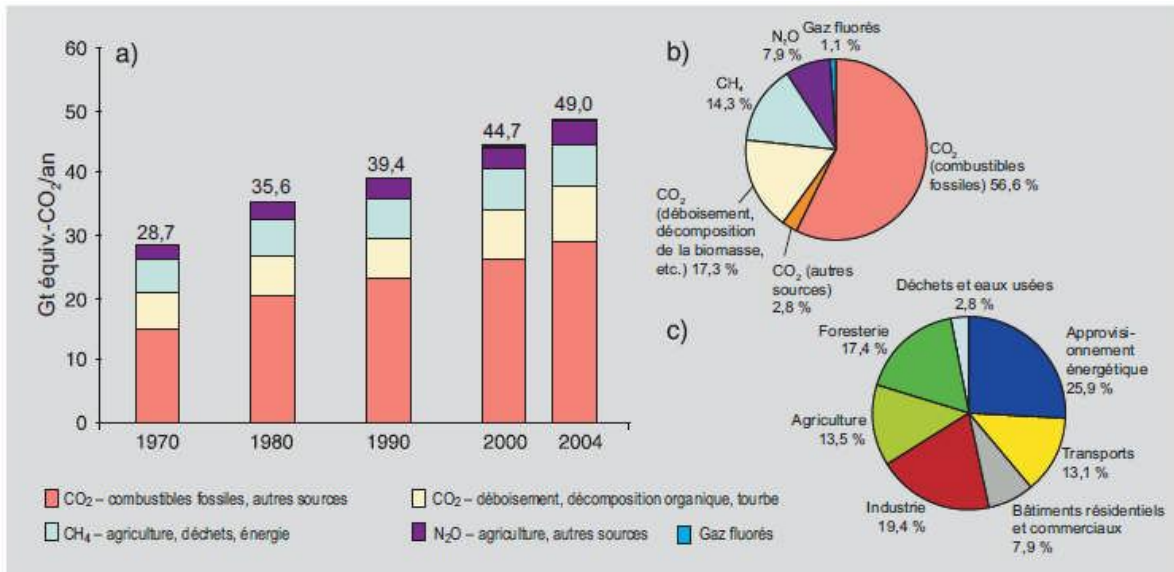


Figure 1: a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent CO₂ (Source: GIEC 2007).

1-2 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVÉS AU COURS DU 20^{ème} SIECLE:

a) Les températures:

Au cours des 30 dernières années (Fig.2). Entre 1905 et 2006, le réchauffement moyen est estimé à 0.74°C (0.56 – 0.92°C).

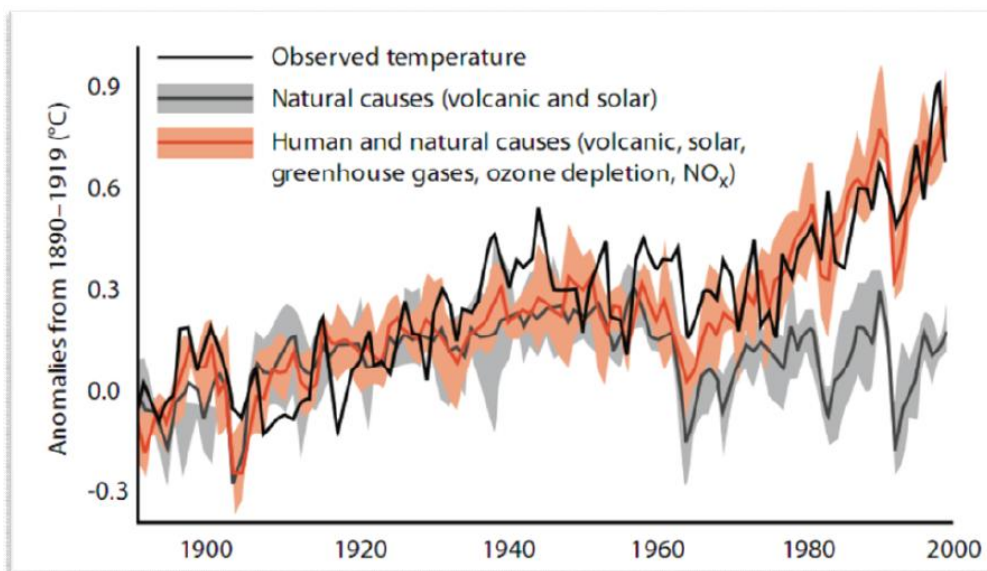


Figure 2: Simulation des variations de température de la Terre et la comparaison des résultats aux changements (Source: GIEC 2007).

b) Les précipitations:

Dans la dernière moitié du XX e siècle, dans l'hémisphère Nord, la hauteur annuelle des précipitations a augmenté aux latitudes moyennes et élevées (de 30° à 60° de latitude nord) à un rythme de 0,5 à 1 % par décennie. Par contre, dans les zones subtropicales (de 10° à 30° de latitude nord), les pluies ont en moyenne diminué probablement d'environ 0,3% par décennie.

c) Le niveau de la mer et les glaces:

D'autres modifications notables du climat ont été observées au cours du 20ème siècle : le niveau moyen de la mer s'est en effet élevé de 1.8 mm par an (Fig. 3a), les zones couvertes de neige ou de glace se sont réduites (Fig. 3b).

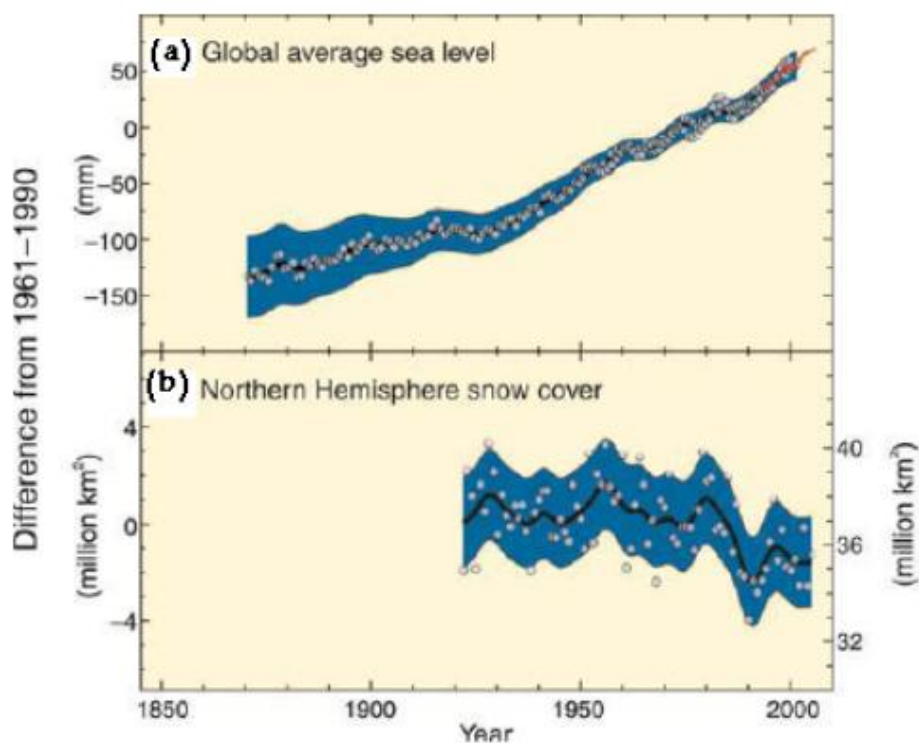


Figure 3 : Variations observées (a) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, et (b) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère nord en Mars–Avril. Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990 (Source: GIEC 2007).

d) Les extrêmes:

Les fréquences des crues et des sécheresses sont très incertaines. Les deux continueront à se produire, avec ou sans un changement climatique. Les connaissances actuelles des effets des changements climatiques sur la fréquence des sécheresses et des crues sont, en effet, trop limitées pour permettre une analyse quantitative valable; ce qui semble le plus probable est que la fréquence des sécheresses s'intensifiera, en particulier dans les zones arides, tout comme celle des crues

1-3 LA MODELISATION CLIMATIQUE :

Les modèles climatiques sont des outils de prédilection utilisés par les chercheurs pour comprendre, attribuer les variations climatiques du passé et faire des projections sur l'avenir. Ces modèles présentent de nombreuses similitudes avec les modèles de prévision météorologique. Ils reposent sur des formulations et des méthodes de calcul proches, et partagent un certain nombre d'outils logiciels.

Les modèles climatiques permettent, à partir de scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, d'obtenir des projections d'évolution des températures et des précipitations. Il existe de très nombreux modèles climatiques, plus ou moins adaptés selon l'objectif fixé : études climatologiques, projections météorologiques, modélisation sous changement climatique, etc. Pour appréhender les évolutions climatiques, les modèles les plus fréquemment utilisés sont les Modèles Climatiques Globaux couplés Atmosphère et Océan (AOGCM), qui associent les circulations générales atmosphériques aux circulations générales océaniques en incluant l'influence de la biosphère, du cycle du carbone et de la composition chimique de l'atmosphère. Ils résolvent l'ensemble des équations mathématiques et physiques régissant ces circulations, à l'aide d'une grille tridimensionnelle recouvrant la surface du globe.

1-3-1 LES MODÈLES DE CIRCULATION GÉNÉRALE (MCG)

- un modèle de circulation générale de l'atmosphère est représenté par un maillage tridimensionnel
- Chaque boîte élémentaire est considérée comme un point
- Les équations de bases sont résolues numériquement à chaque pas de temps et dans chaque maille.

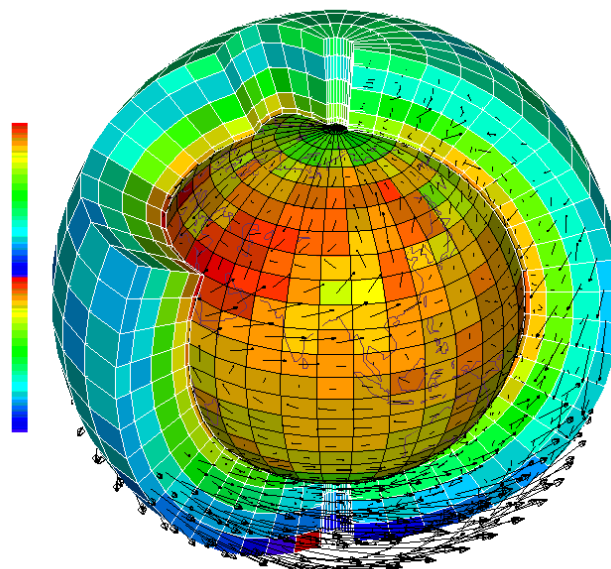


Figure 4 : Maillage tridimensionnel (MCG)

Les scénarios de changement climatique sont construits à partir des simulations de ces modèles climatiques globaux.

1-3-2 LES DIFFERENTS SCENARIOS

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a élaboré un ensemble de scénarios pour prendre en compte les incertitudes des émissions des gaz à effet de serre futures. Chaque scénario représente une évolution différente aux plans démographique, social, économique, technologique et environnemental. Au total, 40 scénarios ont été élaborés par les modélisateurs. Ces 40 scénarios sont classés selon quatre grandes familles : A1, A2, B1 et B2. Ils présentent divers climats futurs qui englobent toutes les incertitudes sur les principales forces motrices (croissance démographique, développement économique, changements technologiques, etc.).

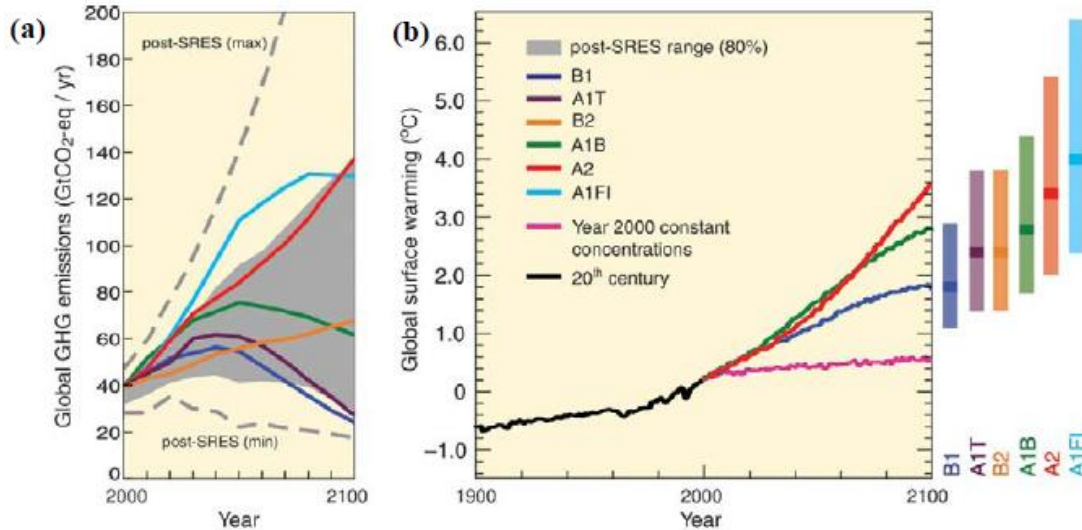
- **A2**: scénario pessimiste: croissance rapide de la population, non adoption de technologies propres, fortes émissions.
- **B1**: Scénario optimiste: croissance lente de la population, convergence vers des technologies propres, faibles émissions.

Cas	Meilleure estimation	Fourchette probable
Concentration constante pour l'année 2000 ^b	0,6	0,3 – 0,9
Scénario B1	1,8	1,1 – 2,9
Scénario A1T	2,4	1,4 – 3,8
Scénario B2	2,4	1,4 – 3,8
Scénario A1B	2,8	1,7 – 4,4
Scénario A2	3,4	2,0 – 5,4
Scénario A1FI	4,0	2,4 – 6,4

Figure 5 : Projections du réchauffement global moyen en surface (en °C en 2090-2099 par rapport à 1980–1999) Source : GIEC, 2007

1- 4 LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES PROJETES POUR LR 21 ème SIECLE:

Les émissions de gaz à effet de serre continueront à augmenter au cours des prochaines décennies, accentuant les changements climatiques observés au 20^{ème} siècle. La température à la surface du globe devrait augmenter de 1.8 à 4°C d'ici la fin du 21^{ème} siècle selon le scénario d'émission de gaz à effet de serre considéré.



Source : GIEC, 2007

Figure 6 : (a) Émissions mondiales de gaz à effet de serre. (b) Réchauffement global de la température en surface par rapport à 1980-1999 (moyennes mondiales)
 (Source: GIEC 2007).

De plus, en s'appuyant sur ses six scénarios de référence (Figure 5) – construits à partir d'hypothèses concernant l'évolution démographique, socio-économique et technologique –, le GIEC estime en 2007 que la température mondiale moyenne risque d'augmenter de 1,8 à 4°C au cours du XXI^{ème} siècle. Ce réchauffement devrait avoir des effets néfastes sur les équilibres environnementaux, sur la santé de l'homme et sur le développement durable d'une façon générale.

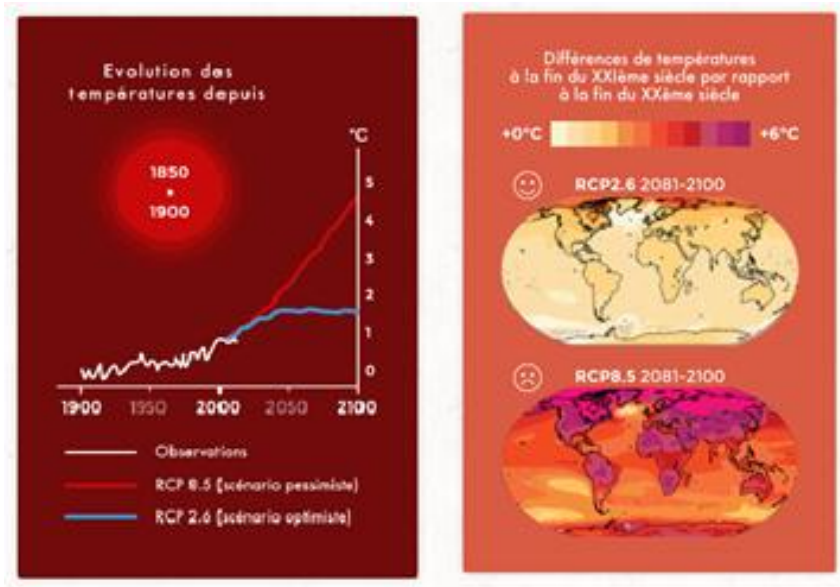


Figure 7 : Evolution et différence de températures
 (À la fin du XXI^{ème} par rapport à la fin du XX^{ème} siècle)

1-5 CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ALGERIE

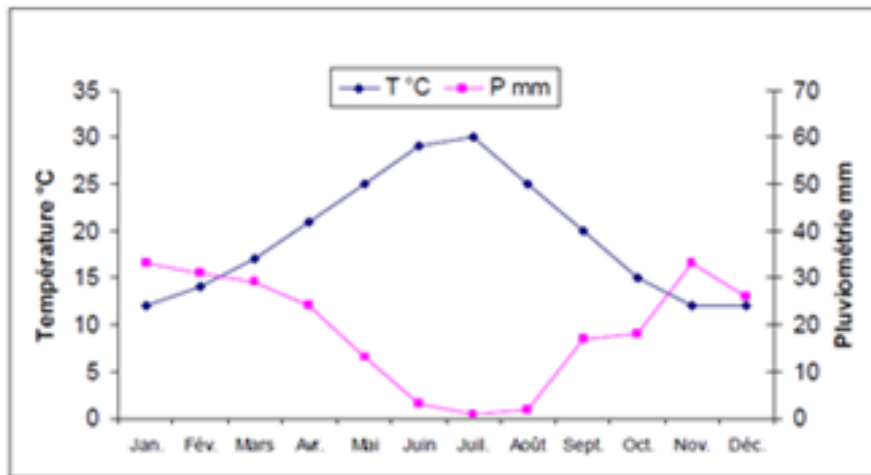
L'Algérie, pays sévèrement affecté par la désertification, est, à l'instar des pays africains et d'autres pays de la rive sud de la Méditerranée, particulièrement vulnérable aux effets multiformes des changements climatiques qui menacent de compromettre son développement économique et social.

En Algérie du nord, l'évolution récente du climat montre que le réchauffement est plus important que la moyenne mondiale. En effet, si au niveau mondial la hausse de température au 20^{ème} siècle a été de 0.74°C, celle sur le Maghreb s'est située entre 1.5 et 2°C selon les régions, soit plus du double que la hausse moyenne planétaire. Quant à la baisse des précipitations, elle varie entre 10 et 20%. D'autre part, de nombreuses études montrent que les projections climatiques, élaborées par les modèles de circulation générale (MCG) actuels, sous-estiment la hausse des températures et la baisse des précipitations sur le Maghreb. Ce qui montre que les pays du Maghreb vont subir, plus que d'autres, les effets du changement climatique qui constitue, désormais, une préoccupation majeure pour la région" (Mahi T. 2008).

1-6 CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BASSIN DU CHELIFF

Le climat des plaines du Chélif, est un climat spécifique, rude et contrasté, avec des étés très chauds et des températures basses en hiver.

Le diagramme Ombrothermique de la station climatique de Hmadna entre 1985 et 2002 (Figure 8) montre que la période de sécheresse est très longue, elle s'étale sur six mois, allant de la mi-avril à la mi-octobre.



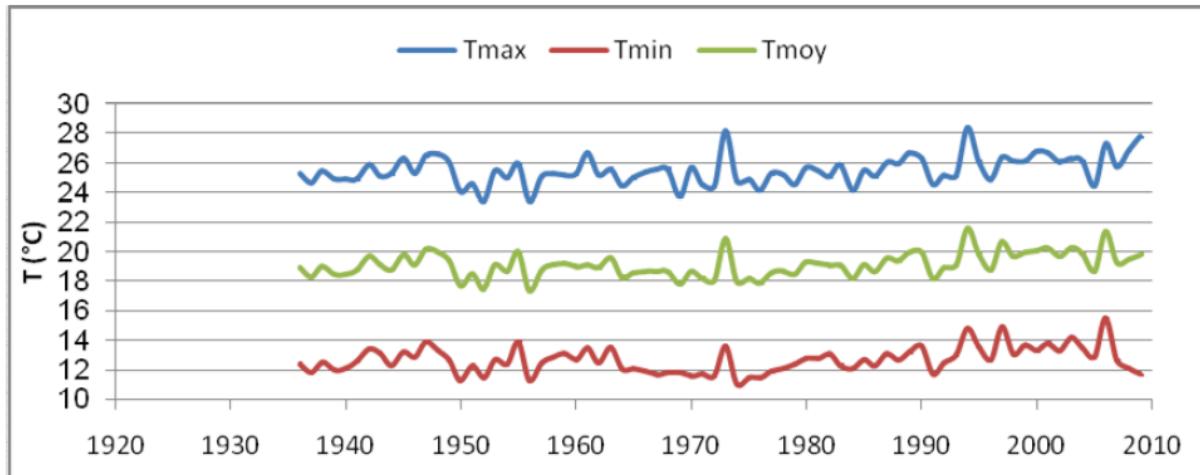
Source Station de hmadna INRAA

Figure 8 : Diagramme Ombrothermique de la plaine du chélif (1985-2002)

D'après Y. EL MEDDAHI et al 2011. L'exploitation des données météorologiques de l'agence ONM et ANRH de bassin du moyen Cheliff, nous permet d'illustrer la variabilité des précipitations et de la température.

1-6-1 Evolution des températures :

Les données de température (minimale et maximale) sont disponibles pour la station ONM Chlef pour la période 1936-2009 (Source ONM de Chélif).



**Figure 9: Variation moyenne annuelle des températures max, min et moy (1936/2009).
D'après les données de l'ONM de Chélif.**

A partir de ces données, les moyennes annuelles et saisonnières ont été calculées pour chaque paramètre. Au niveau annuel, un réchauffement est observable sur la période 1936-2009. La température moyenne maximale a augmenté de 1.5°C depuis 73 ans.

Le réchauffement est légèrement fort pendant la nuit, l'augmentation de la Tmin est d'environ 1.2°C.

En générale, la tendance est presque généralisée pour la température moyenne avec une augmentation de 1°C. Au niveau saisonnier, les tendances sont néanmoins remarquées en été et en automne à partir de l'année 1980. (+1 à 2 °C pour Tmax et 1.1 à 2°C pour Tmin). Les changements pendant l'hiver et le printemps sont moins fréquents et concernent essentiellement un réchauffement nocturne (augmentation de la température minimale en printemps).

1-6-2 Evolution des précipitations:

La répartition annuelle des précipitations a été établie pour deux stations ONM de Chélif sur une période qui s'étale de 1936 à 2009 et pour la station d'Oued Sly pour la période 1926 à 2008.

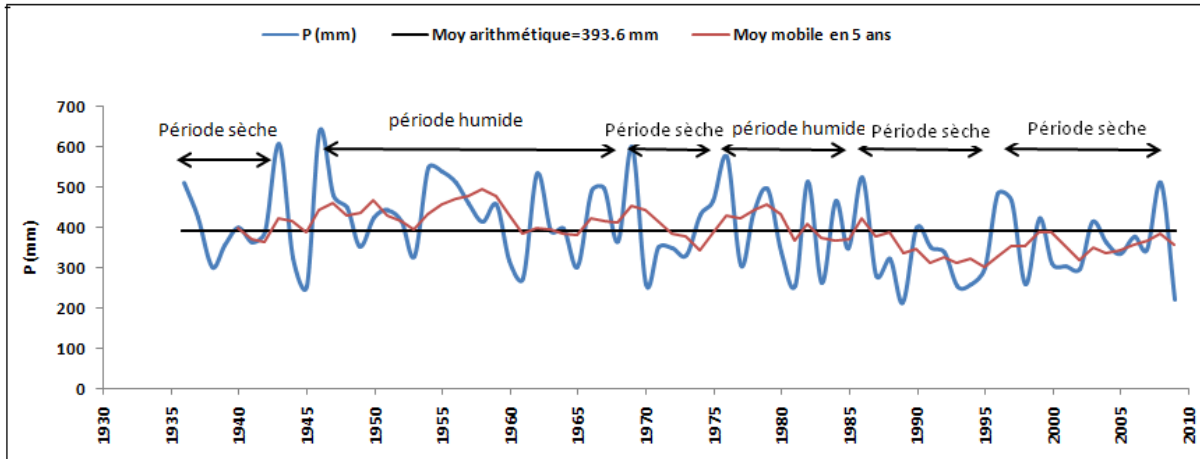


Figure 10: variation annuelle des précipitations pour la station ONM Chlef (1936-2009). D'après les données de l'ONM de Chélif.

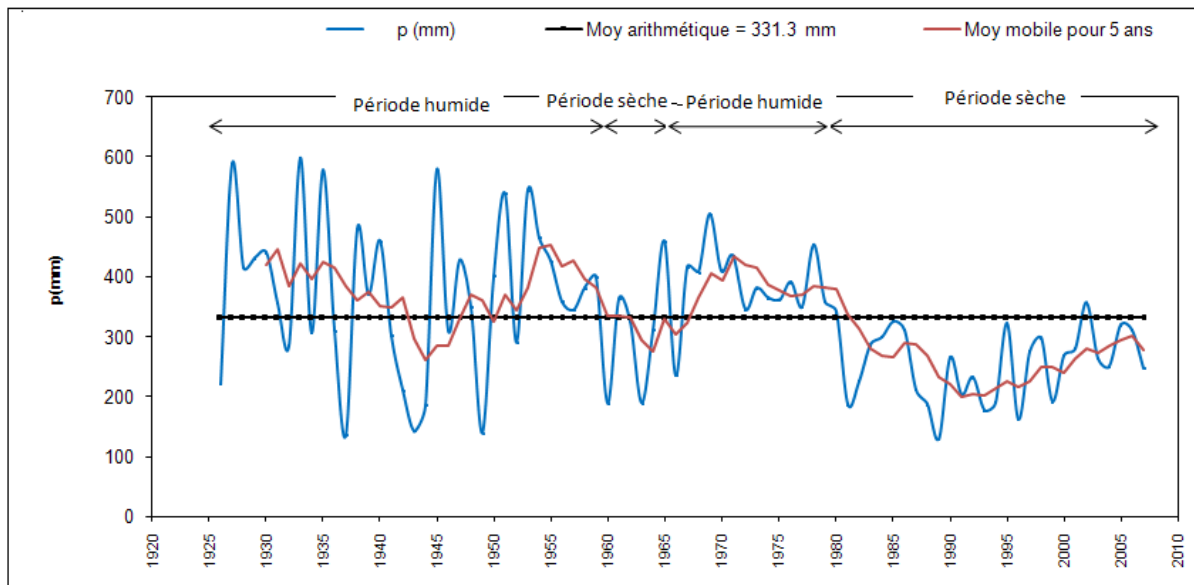


Figure 11: variation annuelle de précipitation de la station O.Sly (1926-2008). D'après les données de l'ONM de Chélif.

Les précipitations sont très irrégulières au niveau inter- annuel. Les diminutions des précipitations en moyennes annuelles apparaissent à partir de l'année 1980, les figures 9 et 10 donnent un aperçu chronologique des périodes successives de la sécheresse depuis les premières décennies au vingtième siècle. On remarque que de 1936 à 2009, il existe deux périodes différentes : une période d'humidité dont les précipitations sont très importantes (1946 à 1959 et 1974 à 1979) et une période de sécheresse successive dans ces dernières années. Ces derniers ont un impact considérable sur les ressources en eau aussi bien de surface que souterraines.

Généralement, on constate une diminution de l'ordre de 10 à 15% de la précipitation, pour la station d'O. Sly entre 15 à 20%. On constate une occurrence plus grande des sécheresses dans les dernières décennies

2 - VULNERABILITE DES RESSOURCES EN EAU AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ALGERIE

Depuis les années 90, la notion des changements climatiques met en débat les ressources en eau et les risques qui leurs sont liées en les situant au cœur même du problème. Selon les experts, à l'horizon 2020 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 13% et une augmentation des températures de 0,6 à 1,1°C. A cet horizon non lointain, l'Algérie, pays aride, subirait des sécheresses et des inondations récurrentes et les besoins en eau doubleront de volume sous la pression de la croissance démographique et l'urbanisation continue. Le pays connaît déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau (PNUD, 2009).

Les conséquences d'une déstabilisation, accentuée par une demande en croissance permanente de cette ressource, générée par une démographie et un développement industriel sans cesse croissants seraient multiples telles que la diminution probable des écoulements des eaux et une modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles. Une érosion des sols qui entraînent une dégradation des terres, provoqueront un déficit des rendements des cultures, une augmentation de la salinité des eaux, la baisse du niveau des nappes souterraines, des inondations et divers phénomènes extrême, etc.

L'ampleur de ces conséquences varie selon différentes échelles (globale, régionale ou locale). Le bassin versant est le cadre naturel de toutes les questions liées à l'eau, il est l'échelle locale la plus pertinente pour la gestion de l'eau, enjeu transversal à de nombreuses politiques, une gestion intégrée, équilibrée et économe de la ressource en eau à l'intérieur du bassin versant, permet d'anticiper les effets du changement climatique (Agoumi & al. 1998, Hassani M.I., 2008)

3- DEFINITION DES CONCEPTS RELATIFS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'évaluation de la vulnérabilité au niveau du bassin versant permet déterminer les risques des conséquences dues au changement climatique. La mise en place d'une stratégie d'adaptation devra être traitée à cette l'échelle pour concilier les différents enjeux sur les ressources en eau. A cet effet, une bonne compréhension des concepts se révèle déterminante.

- Effet de serre

Phénomène thermique naturel, qui pour une absorption donnée d'énergie, confère au corps qui la reçoit une température de surface nettement supérieure. Une partie du rayonnement solaire atteint le sol, émettant un rayonnement thermique qui est absorbé par les gaz à effet de serre et réchauffe l'atmosphère et le sol.

- Variabilité du climat

Elle est définie comme "la variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre à des phénomènes climatiques particuliers".

- **Atténuation (principe d')**

L'atténuation est généralement mentionnée pour appliquer des mesures visant à réduire les émissions de GES, ainsi qu'à préserver et renforcer les puits et réservoirs de GES. Il s'agit, par exemple, d'utiliser de manière plus efficace des combustibles fossiles dans les processus industriels et la génération d'énergie, de passer à l'énergie solaire ou éolienne, d'améliorer l'isolation des bâtiments et d'étendre les forêts et autres « puits » dans l'objectif de retirer une grande quantité de dioxyde de carbone de l'atmosphère.

- **Aléa**

L'aléa est un concept relativement récent qui désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène. L'aléa est principalement fonction de l'intensité du phénomène et de son occurrence

- **Sensibilité**

"Degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques".

- **Exposition**

Présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptibles de subir des dommages.

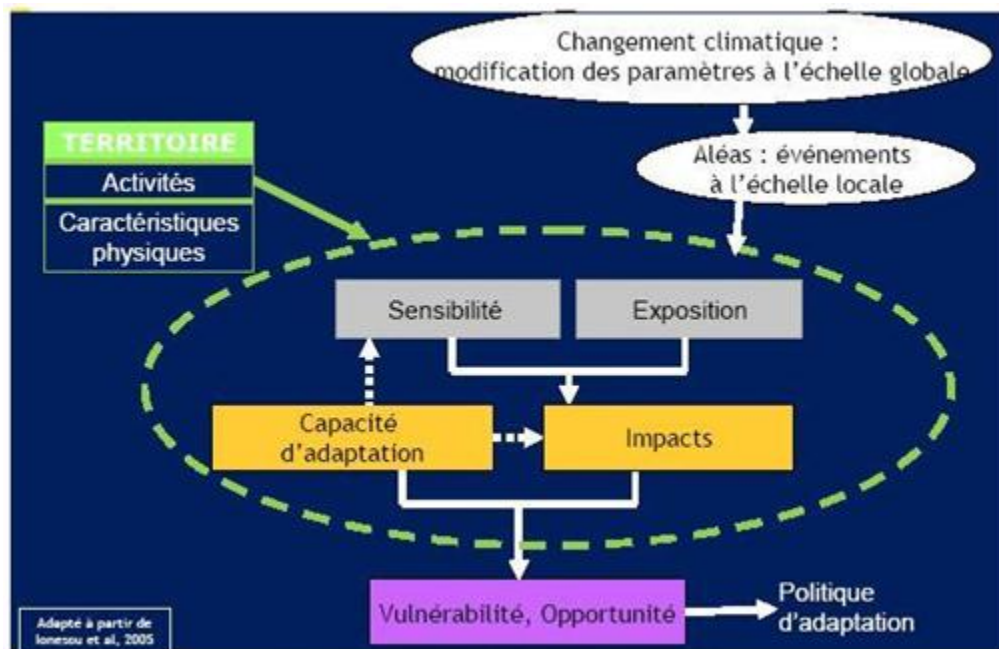


Figure 12 : Schéma explicatif des concepts associés à la vulnérabilité au changement climatique (Source Sogreah, 2010).

- **Incidences**

Effets sur les systèmes naturels et humains. Dans le présent rapport, le terme est employé principalement pour désigner les effets, sur les systèmes naturels et humains, des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes et des changements climatiques. Il s'agit en général des effets sur la vie des personnes, les modes de subsistance, la santé, les écosystèmes, le patrimoine économique, social et culturel, les services et les infrastructures, découlant de leurs interactions avec les changements climatiques ou les phénomènes climatiques dangereux qui se produisent au cours d'une période donnée, et de la vulnérabilité de la société ou du système exposé. Dans ce sens, on emploie aussi les termes conséquences ou impacts. Les incidences des changements climatiques sur les systèmes géophysiques, notamment les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, constituent un sous-ensemble d'incidences appelées impacts physiques.

- **Transformation**

Changement des attributs fondamentaux des systèmes naturels ou humains. Dans le présent résumé, la transformation peut refléter le renforcement, la modification ou l'ajustement de paradigmes, d'objectifs ou de valeurs en vue de promouvoir une adaptation propice au développement durable, y compris la lutte contre la pauvreté.

Modification des attributs fondamentaux d'un système (y compris les systèmes de valeurs, les cadres réglementaires, législatifs ou administratifs, les institutions financières et les systèmes technologiques et biologiques).

- **Biodiversité**

Contraction de diversité biologique, elle s'apprécie en considérant la diversité des écosystèmes et des espèces, mais également leur organisation et leur répartition aux échelles biogéographiques. En effet, étudier la biodiversité consiste à mieux comprendre les liens et les interactions existant entre les espèces et avec leurs milieux de vie.

- **Résilience**

Capacité des systèmes sociaux, économiques ou écologiques à faire face aux événements dangereux, tendances ou perturbations, à y réagir et à se réorganiser de façon à conserver leurs fonctions essentielles, leur identité et leur structure, tout en maintenant leurs facultés d'adaptation, d'apprentissage et de transformation.

- **Vulnérabilité**

"Mesure dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation". La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter.

- **Adaptation**

Le GIEC (2007) définit l'adaptation comme toutes "initiatives et mesures prises pour réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets des changements climatiques réels ou prévus". Dans les systèmes humains, il s'agit d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences.

- **Danger**

Éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturel ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matérielles touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services, les écosystèmes et les ressources environnementales. Dans le présent rapport, ce terme se rapporte en général aux phénomènes et tendances physiques dangereux associés au climat ou à leurs impacts physiques.

- **Risque**

Conséquences éventuelles et incertaines d'un événement sur quelque chose ayant une valeur, compte dûment tenu de la diversité des valeurs. Le risque est souvent représenté comme la probabilité d'occurrence de tendances ou d'événements dangereux que viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes lorsqu'ils se produisent. Le risque découle des interactions de la vulnérabilité, de l'exposition et des aléas.

- **Catastrophe**

Grave perturbation du fonctionnement normal d'une population ou d'une société due à l'interaction de phénomènes physiques dangereux avec des conditions de vulnérabilité sociale, qui provoque sur le plan humain, matériel, économique ou environnemental de vastes effets indésirables nécessitant la prise immédiate de mesures pour répondre aux besoins humains essentiels et exigeant parfois une assistance extérieure pour le relèvement.

- **Risque de catastrophe**

Probabilité que surviennent, au cours d'une période donnée, de graves perturbations du fonctionnement normal d'une population ou d'une société dues à l'interaction de phénomènes physiques dangereux avec des conditions de vulnérabilité sociale, qui provoque sur le plan humain, matériel, économique ou environnemental de vastes effets indésirables nécessitant la prise immédiate de mesures pour répondre aux besoins humains essentiels et exigeant parfois une assistance extérieure pour le relèvement.

- **Gestion des risques de catastrophes**

Action d'élaborer, de mettre en œuvre et d'évaluer des stratégies, politiques et mesures destinées à mieux comprendre les risques de catastrophes, à favoriser la réduction et le transfert de ces risques et à promouvoir l'amélioration constante de la préparation à une catastrophe, des réponses à y apporter et du rétablissement postérieur, dans le but explicite de renforcer la protection des personnes, leur bien-être, la qualité de vie, la résilience et le développement durable.

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE :

Notre zone d'étude est située dans la partie avale du grand bassin versant de l'Oued Chélif (figures 13,14 et 15). Elle se situe à 35 kilomètres à vol d'oiseau de la méditerranée et à 250 Km d'Alger.

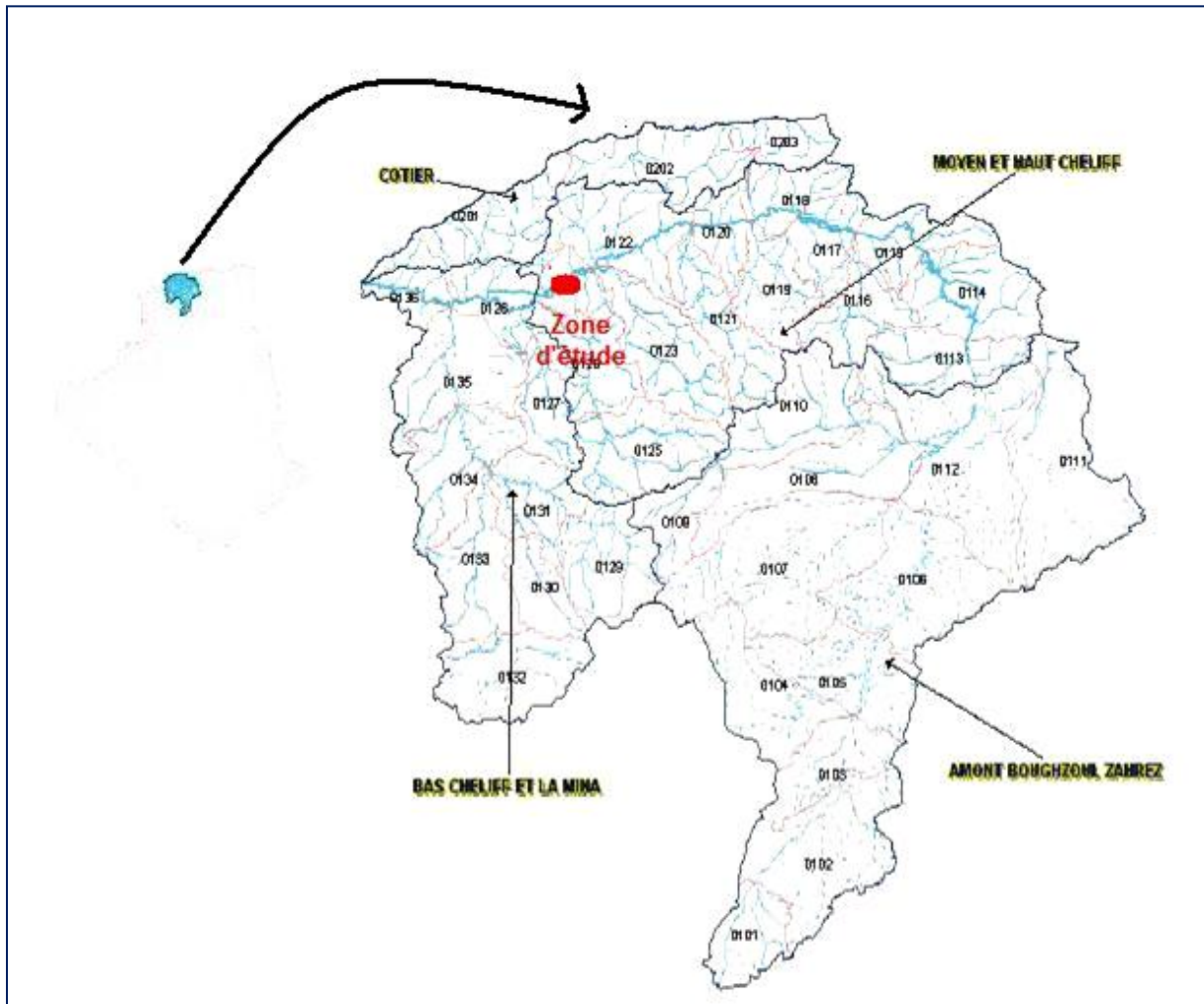


Figure 13. Localisation géographique générale de la région d'étude.

La zone d'étude se situe à l'extrême ouest du sous-bassin du Moyen – Chélif, à la jonction avec celui du Bas-Chellif. Elle est limitée au Nord par le massif du Dahra et au Sud par le massif de l'Ouarsenis. Elle est traversée par des axes de communications d'importance nationale : La RN n°04 et la voie ferrée Alger-Oran et la nouvelle autoroute Est-Ouest.

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed



Figure 14 : Situation géographique de la zone d'étude (Source: Google Map).

Administrativement, la zone d'étude est localisée à l'extrême Nord-est de la wilaya de Relizane à la frontière avec la wilaya de Chleff. La ligne séparant les deux wilayas recoupe longitudinalement la partie amont de la retenue. La majorité du plan d'eau de la merdja est inclus à la commune de Merdjet Sidi Abed qui est entourée au Nord par les communes d'Ouarizane et de Mazouna, au Sud par la commune de Ami Moussa, à l'Est par la commune de Boukadir et à l'Ouest par la commune d'Oued Rhiou.

Le grand barrage du Gargar est situé à la proximité immédiate de la Merdja Sidi Abed.



Figure 15 : carte de localisation de la zone d'étude (source google Earth).

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

II - ETUDES PREEXISTANTES SUR LA ZONE D'ETUDE

La zone à fait l'objet de plusieurs études, on cite à titre d'exemple : concernant l'étude des sols de la plaine du Chélif, les travaux de Boulaine (1957) et de Daoud (1993) .., l'étude de l'irrigation du périmètre par BEOGRAD (1967), les études géologiques et hydrologiques par A. Benziane (1983), etc., les travaux de Douaoui & al (2006) sur la salinité, etc. Des bureaux d'étude comme la SOGREAH/SOGETA (1985), la SOGREAH / SIEE (1996-1997), Mc MAC DONALD et BNEDER (1990), etc. ont effectué des études, des rapports et des cartes touchant la zone d'étude.

Notre zone à aussi fait objet de plusieurs études universitaires dans le cadre de mémoires de fin d'étude à l'université d'Oran: Krim H. et Cheraitia M., 2001 ; Bouchoucha M., 2003 ; Mansour D., 2005 ; Benhiba N. et Khafif A., 2009 ; Soltana S. et Larabi H. 2013 ; Chernoune H. 2013, etc.

III - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE LA REGION D'ETUDE

1 - Contexte Géomorphologique

La plaine du Moyen et Bas-Chélif est un synclinal traversé par le lit de l'Oued Chélif qui occupe, à l'instar des autres plaines du Chélif, le fond de bassins de sédimentation où s'accumulent les sédiments depuis au moins le Villafranchien (Boulaine, 1957). Elle est comblée d'alluvions du Quaternaire et encadrée au nord et au sud par les zones piémont du Massif du Dahra et des Monts de l'Ouarsenis, d'âges Miocène et Pliocène (Tertiaire), qui lui fournissent le matériau par érosion (figure 16).

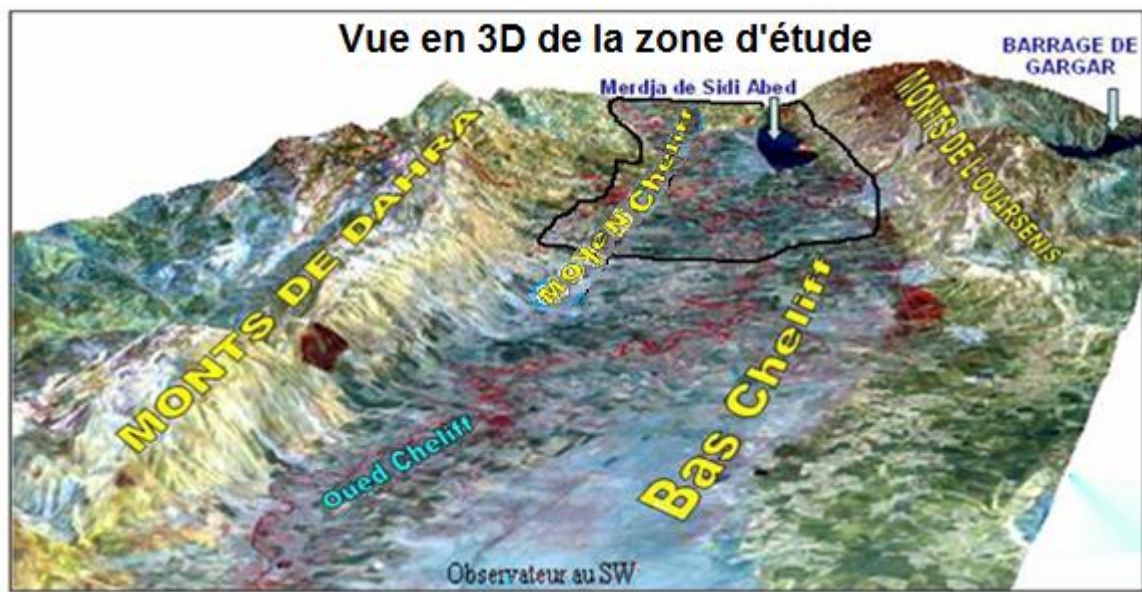


Figure 16 : Aperçu morphologiques du de la zone d'étude (combinaison entre l'imagerie satellitale et le modèle numérique de terrain) Source INSID 2008.

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

Au niveau de la zone d'étude, le prolongement du Mont de l'Ouarsenis est constitué par un ensemble de collines qui s'orientent généralement de S/W vers S/E, avec une forte pente et des altitudes qui atteignent le point culminant de 669 m tel que le sommet de Koudiat El Guettar (412 m) et de Saffah Sidi Feghoul (400 m).

Ce dernier entre en contact avec la zone du piémont, afin de s'envoyer sous la plaine du Merdjet Sidi Abed qui constitue une zone de la liaison entre une zone piémont ou la pente varie entre 10 à 15 % et la plaine ou celles-ci n'excède pas les 5 %. Cette surface subhorizontale présente une légère dépression au niveau du barrage MSA avec des altitudes moyennes variant entre 50 et 60 m.

2 - Contexte Pédologique

Les sols des bordures des plaines sont formés par des associations de sols plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes. Lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques, le plus souvent rendziniformes avec parfois la présence d'une croûte calcaire. Les sols de la plaine proprement dite correspondent à cinq classes : les sols salés, les sols hydromorphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques.

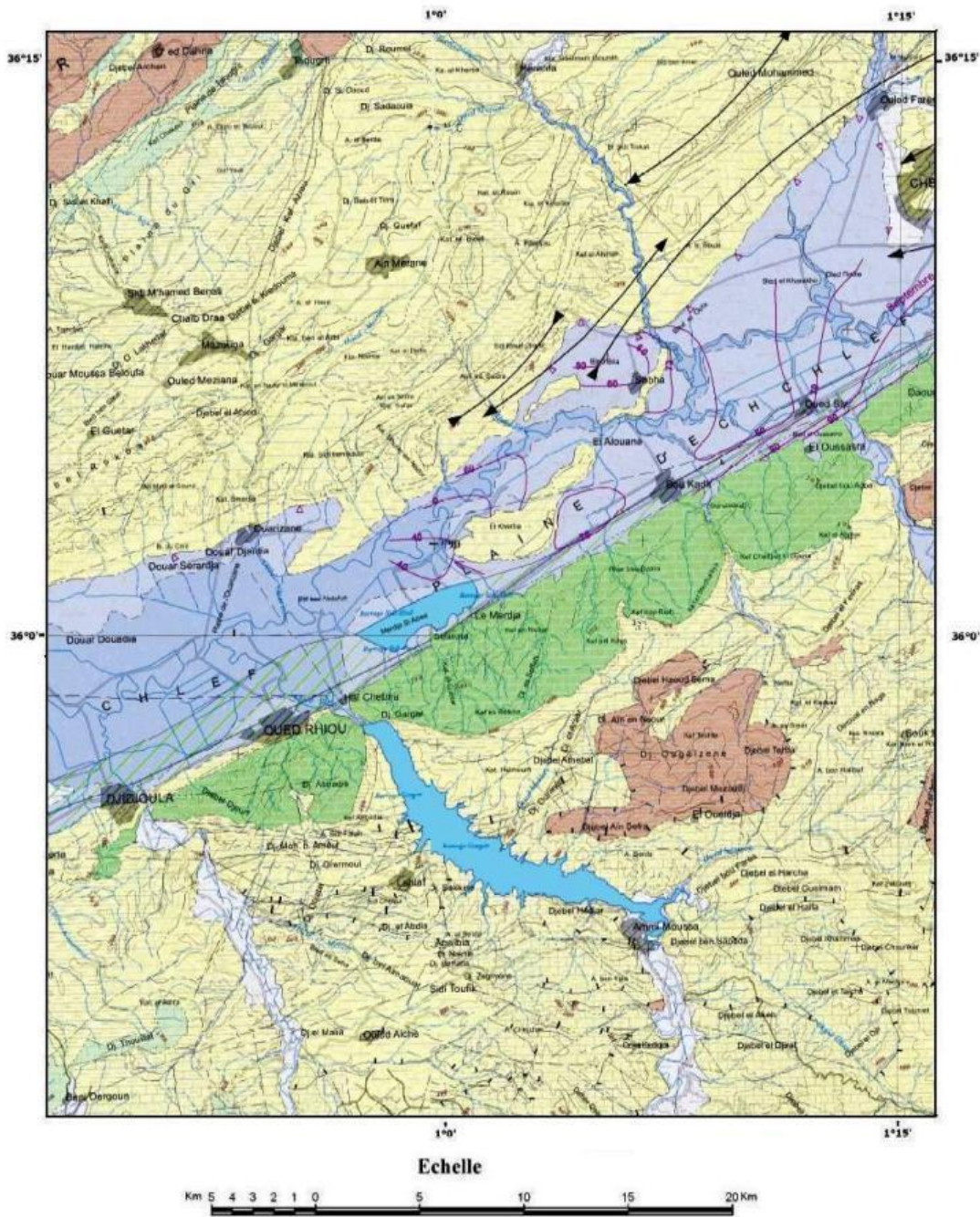
3 - Contexte Géologique

Les terrains les plus anciens de la vallée du Moyen et Bas Cheliff sont constitués par :

- Le Jurassique : Les terrains jurassiques sont peu étendus. Ils représentent quelques affleurements disséminés au milieu de masse énorme de terrains crétacés. Ils sont représentés par l'Infra-lias, le Lias et l'oxfordien, on les rencontre dans les environs d'El Asnam, Oued Fodda et sur les crêtes de l'Ouarsenis.
- Le Crétacé : Les terrains du crétacé occupent une grande partie du massif de l'Ouarsenis. Le crétacé inférieur forme une large bande dans la partie méridionale du bassin du Chélif.
- L'Eocène Inférieur : Il est constitué de marnes blanchâtres à bleuâtres et de calcaires marneux blancs. On les rencontre dans la région d'Ammi Moussa et sur la rive droite de l'Oued Rhiou et reposent en discordance sur le Néocomien.
- L'Eocène Supérieur : il est représenté par une puissante assise de grès sableux rougeâtres à petits grains de quartz. Très démantelée en lambeaux, cette assise se trouve comprise dans la zone septentrionale du massif de l'Ouarsenis.
- Le Miocène supérieur (Tortonien) est fortement représenté au sud de Merdjet Sidi Abed par la série des calcaires à lithothamnium,
- Le Pliocène Supérieur Continental s'étend des montagnes de Medjadja (vallée du Chélif) jusqu'à Ténès (sur la côte), et forme le vaste massif du Dahra.
- Le Plaisancien : est constitué de marnes bleues, caractéristiques de cet étage.
- L'Astien marin et Continental : il est représenté par une série détritico-sableuse ou gréseuse. Les grès à ciment calcaire, sont argileux dans la partie inférieure et peuvent passer à des calcaires gréseux.
- Le Pliocène Continental : est représenté par des sables grès et roux d'une cinquantaine de mètres. Cette série est difficile à distinguer du Villafranchien Continental.

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

- Le Villafranchien : il est représenté à la base par des dépôts de couleur grise ou brune à la base, surmonté par des couches rouges (PNE, 2010).



Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

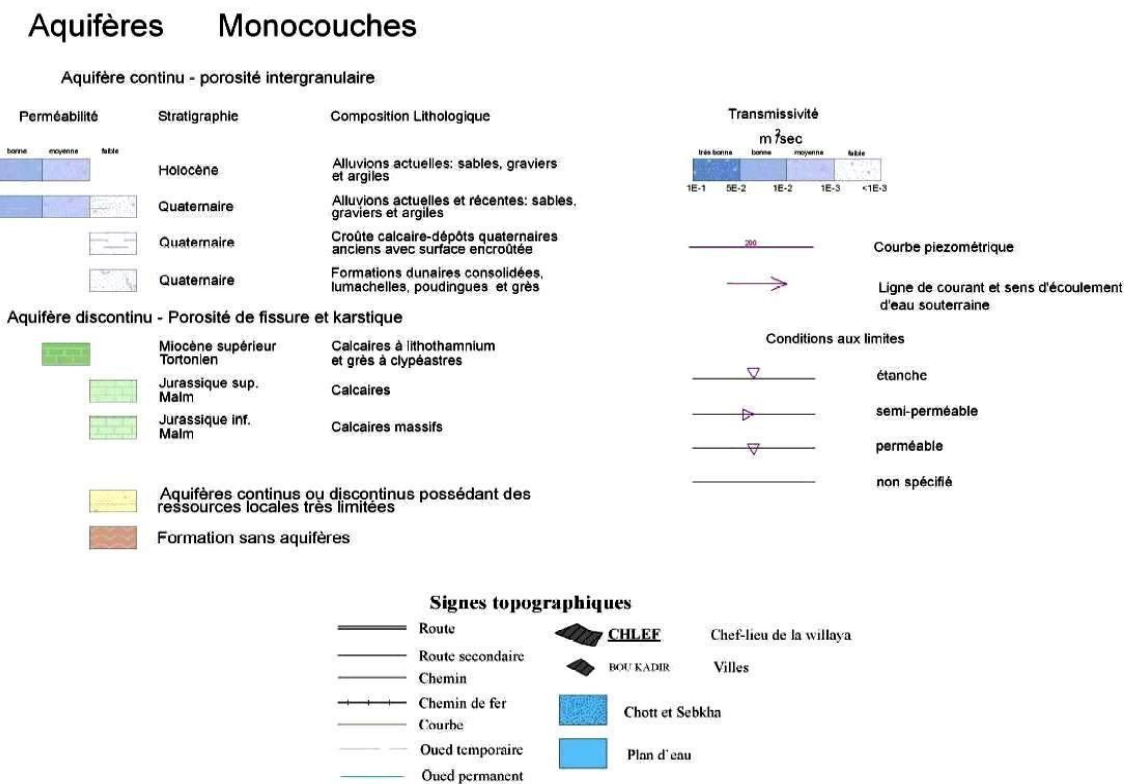


Figure 17: Carte géologique et hydrogéologique de la région de Merdjet Sidi Abed (extraits de cartes, ANRH, 2009).

Du point de vue tectonique, le bassin du Cheliff résulte du plissement des terrains moyens sous forme de cuvette dont le Cheliff occupe le Talweg. Mais ce plissement n'a pas été uniforme. Les couches de la rive gauche et de la rive droite ont subi une rupture. Les premières se rapprochant beaucoup plus de l'horizontale que les secondes.

4- Contexte hydrogéologique

La région d'étude correspond à la limite occidentale de l'unité hydrogéologique du Moyen Cheliff, qui s'étend depuis le village d'El Abadia à l'est, jusqu'à Djdiouia à l'ouest, sur une distance d'environ 80 km. Sa superficie est de 215 km².

Les aquifères importants du Moyen Cheliff, sont au nombre de trois (PNE, 2010).

- La nappe alluviale
 - Les calcaires à lithothamnium
 - Les grès Astiens
- (figure17)

4-1 La nappe alluviale

La nappe alluviale est constituée par alluvions grossières du Quaternaire, beaucoup plus développées dans la partie amont du moyen Cheliff. La partie supérieure est constituée par des limons argileux grisâtres sur la majeure partie de la plaine.

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

L'épaisseur des alluvions varie entre 80 et 90 m en moyenne. L'alimentation s'effectue par les eaux de pluie, par les eaux superficielles au moment des crues de l'Oued Cheliff, cette alimentation s'effectue uniquement en certains endroits, et par des remontées à partir des formations profondes. Les cartes piézométriques montrent que l'écoulement se fait dans la direction de l'Oued Cheliff, c'est dire d'amont en aval.

Les transmissivités des alluvions déterminées en différents endroits du Haut et du Moyen Cheliff, sont comprises entre $3.6 \cdot 10^{-4}$ et $7.6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Dans les alluvions grossières, qui constituent les chenaux, elles sont comprises entre 10^{-3} et $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (PNE, 2010).

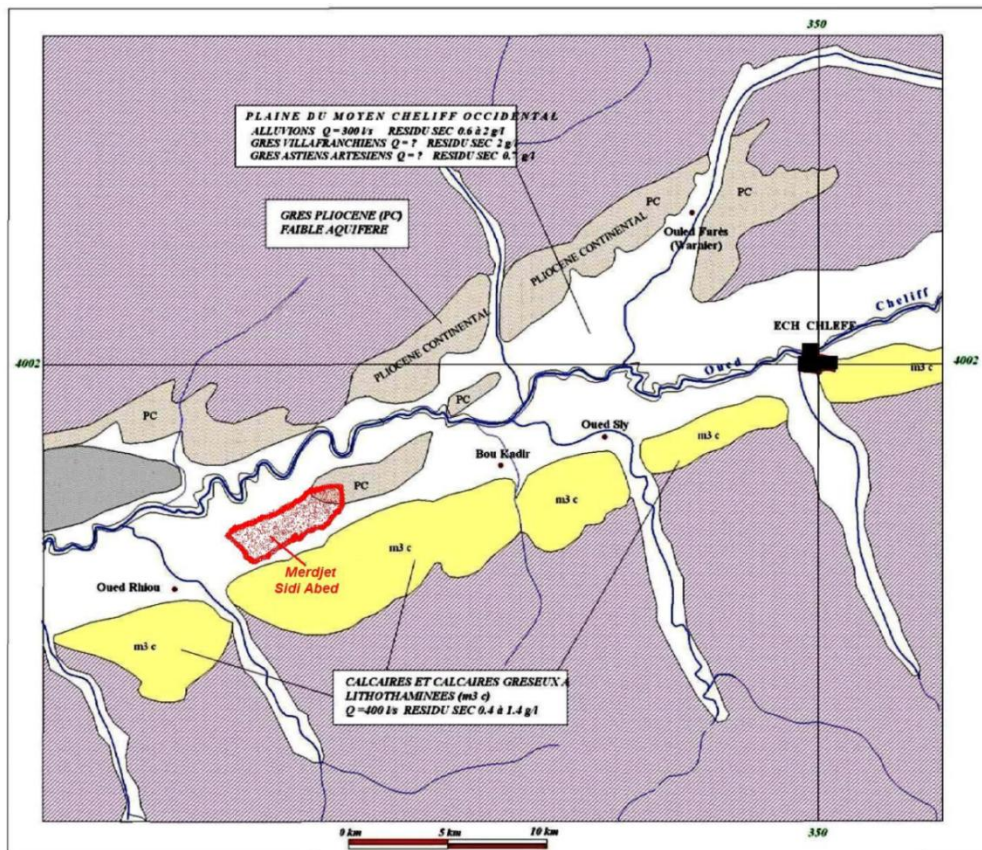


Figure 18: Carte hydrogéologique de la région de Merdjet Sidi Abed (extrait, PNE 2010).

4-2 La nappe des calcaires à Lithothamniées

Les calcaires à lithothamniées affleurent sur toute la rive gauche de l'oued Chélif, depuis Oued Fodda jusqu'à Djidiouia, ils forment une bande d'environ 65 km de long. La largeur varie entre 2.5 km au NE et 4 km au NW. Ces calcaires appartiennent au Miocène supérieur (Tortonien). Latéralement, ils passent à des grès calcaires fossilifères (rive gauche l'oued Djidiouia, et rive droite Oued Fodda).

Les calcaires à lithothamniées plongent vers le nord, (rive droite de l'Oued Chélif), sous les dépôts sus-jacents (Pliocène et Quaternaire) et passent à des marnes à Tripoli. Les forages

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

réalisés montrent que le maximum d'épaisseur a été atteint dans la région de Boukadir (entre 160 et 200 m).

Le réservoir est constitué par les calcaires fissurés mais ceux-ci sont très hétérogènes. Vers le nord, les calcaires passent à des couches de marnes à tripoli de même âge. Le réservoir est presque partout entouré de séries marneuses imperméables du Pliocène et du Miocène. Le mur étant constitué par des marnes du Miocène supérieur.

Les terrains de couverture sont constitués vers le nord, soit par des formations de piémont, soit des formations continentales, ou des grès Astien. La karstification semble peu importante en profondeur.

L'alimentation s'effectue évidemment par l'impluvium grâce à l'infiltration des pluies, et localement par les oueds. Elle se fait généralement en amont des oueds. La nappe des calcaires à lithothamniées se déverse dans le remplissage constitué par les formations plus récentes du Pliocène et du Quaternaire,

Les calcaires ne sont aquifères que dans la mesure où ils sont fissurés ou karstifiés. L'alimentation étant irrégulière, l'écoulement n'est donc pas uniforme. D'une manière générale, l'écoulement se fait du sud vers le nord, par diffusion à travers les alluvions d'origine continentale ou de l'Astien. La perméabilité varie entre $1. \text{ et } 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ (PNE, 2010).

4-3 Les grès astiens

Les grès astiens ont une lithologie plus ou moins constante, constituée de sables très fins renfermant des grès fins à ciment calcaire. La nappe de l'Astien comprend deux parties :

- Une nappe libre occupant le flanc sud du Djebel Hamri
- Une nappe captive.

Le réservoir des grès astiens peut être rencontré essentiellement sur la rive droite de l'Oued Chéelif, et rarement sur la rive gauche. La lithologie assez constante, montre que l'Astien est constitué de sables fins renfermant localement des grès.

Le réservoir est compris entre deux horizons de marne imperméable. Dans la partie nord, l'Astien affleure sur de larges superficies, par contre dans la partie sud, il est recouvert par des dépôts plus récents.

L'alimentation de la nappe s'effectue soit directement par infiltration à travers l'impluvium, soit par les oueds notamment dans la partie amont sur le flanc sud du Djebel Hamri, là où la nappe est libre. Le débit infiltré par percolation à travers les sédiments a été estimé à 100 l/s. L'apport des oueds serait de l'ordre de 10 l/s.

La nappe libre comprend une zone "suspendue" par rapport à la rive droite de l'Oued Cheliff. C'est une zone de déversement qui donne lieu à une multitude de sources, particulièrement dans la partie aval.

La partie captive se caractérise par la présence d'un artésianisme notamment dans la région de Medjadja. D'autre part, la Merdjet de Sidi Abed semble constituer un exutoire naturel pour la nappe. La perméabilité des grès Astien varie entre $7. \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ est $1.9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. La porosité calculée par diverses formules serait comprise entre 5% et 20 % (PNE, 2010).

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

5- Les ressources en eaux superficielles

5-1 Réseau hydrographique et qualité des eaux

La région possède un réseau hydrographique très diversifié, constitués de deux cours d'eaux permanents (Oued Chélif et Oued-Rhiou), en plus d'une série d'affluents et de ravins. L'ensemble forme une partie du bassin versant du Moyen-Chélif.

- **L'Oued Chélif** est le plus important, et le plus long cours d'eau en Algérie. Il commence son parcours depuis les hautes plaines Oranaise à Brida dans le Djebel Amour, il traverse l'Atlas Tellien pour déboucher dans la méditerranéen, à l'Est de Mostaganem (20 km), après un long chemin de 750 km.
- **L'Oued – Rhiou** prend sa source à 900 mètres d'altitude dans les versants Nord de la wilaya de Tiaret. Il se jette en rive gauche de l'Oued Cheliff à quelques kilomètres à l'ouest de Merdjet Sid Abed. Il est régularisé par le barrage de grande capacité du Gargar.
- **Oued Oridh** est l'un des affluents de Oued Chélif, avec une longueur de 4 km environ, il constitue un véritable cours d'eau on période humide, c'est-à-dire pendant l'hiver, la mobilisation de cette ressource est négligeable du fait qu'il sert comme une source de vidange pour la digue de la Merdjet.

La qualité de l'eau des cours d'eau du bassin de Chélif est aussi variable, mais elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g/l environ pour les débits les plus forts et 2 g/l pour les débits d'étiage.

5-2 Principales infrastructures (barrages) de mobilisation des eaux superficielles

Les principales infrastructures hydrauliques régularisant les oueds de la région sont constituées:

5-2-1 LE Barrage de dérivation de Boukadir

Le barrage de dérivation de Boukader est situé sur l'Oued Cheliff en aval du pont routier reliant la ville de Boukadir à celle de Sobha sur la route D1. Ce barrage contribue à l'alimentation par canal ouvert du barrage de Merdjet Sidi Abed.



Figure 19 Barrage de dérivation de Boukadir

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

5-2-2 Le barrage de la Merdjet Sidi Abed

La retenue de Merdjet Sidi Abed est située en bordure de la R.N n°04, à 06 Km à l'Est de la ville d'Oued Rhiou.

Cette retenue constitue un réservoir, hors cours d'eau, d'une capacité de 58 millions de m³, avec une superficie de 1070 hectares. Cette retenue est alimentée d'une part :

- 1- par une prise à partir de l'Oued Cheliff, sous forme d'un canal gravitaire débouchant à la côte 64,37 m, et d'autre part,
- 2- par une station de pompage équipée de 04 pompes, d'une capacité chacune de 1,75 m³/s, pompant les eaux de l'Oued Chélif au niveau du barrage de Boukadir situé à environ 20 km en amont du site de MSA. Ces eaux sont renvoyés dans un canal, appelé tronc commun, vers la retenue de MSA. La station de pompage a été réalisée en 1998 pour assurer la mise en eau permanente du barrage.

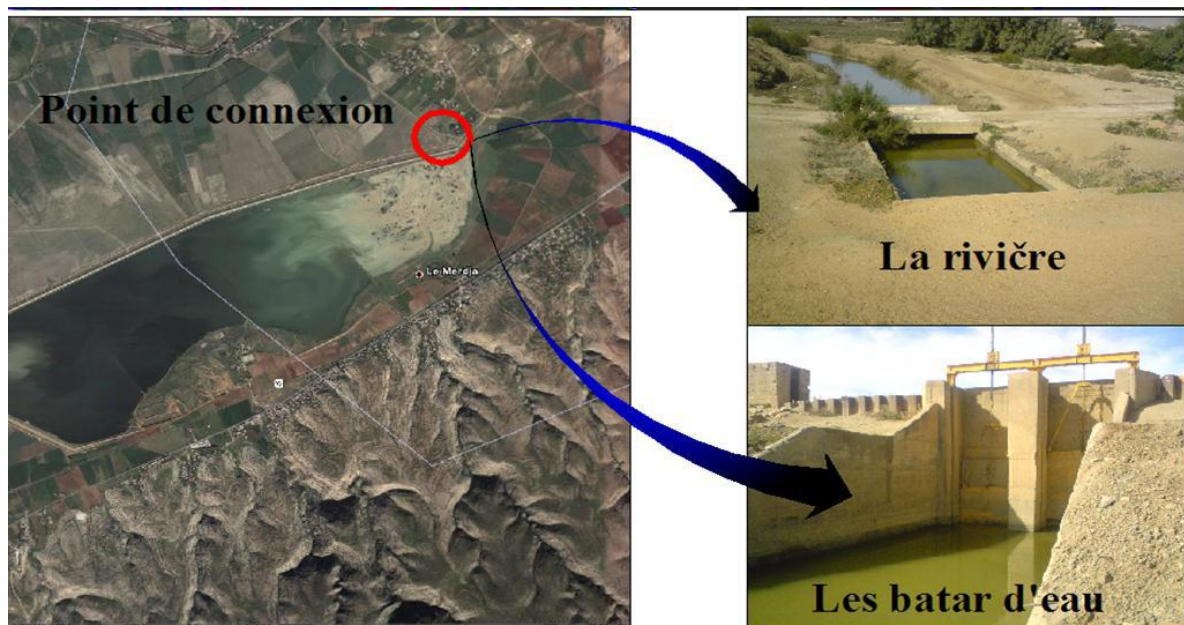


Figure 20: Point d'alimentation gravitaire du lac



Figure 21 : Point d'alimentation par pompage du lac



Figure 22 : Canal Tronc Commun (S .B 2013)



Figure 23 : les 04 Pompes de la Station de pompage

Comme signalé dans la description de l'hydrogéologie de la région, une partie des eaux alimentant la Merdjet est d'origine souterraine. En effet, à l'origine la Merdjet Sidi Abed constituait l'exutoire naturel de la nappe des calcaires à lithothamniées.

Les eaux du barrage de Merdjet Sidi Abed sont réservées pour l'irrigation de la partie en aval de la plaine du Chélif.

5 -2-3 Le barrage réservoir de Gargar

Il correspond à un ouvrage hydraulique de grande envergure mis en service dès 1989 avec une capacité initiale de 450 millions de m³. Il est destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable au sein du grand système de transfert du MAO.

Sur la base de son premier levé bathymétrique, effectué en 2004 par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts, le barrage se trouve amputé d'un volume de 92 millions de m³ après 15 ans d'exploitation, suite à un envasement accéléré. Soit une vitesse de comblement annuelle égale à 1,4% par an, une valeur nettement supérieure à celle estimée en l'an 2000 à 27% le taux de comblement du réservoir en 2014. Le barrage de Gargar serait abandonné en 2060 si des dispositions de dévasement n'étaient pas prises à court et à moyen terme .NARH

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

6- Faune, Flore & milieu naturel autour de la Merdjet Sidi Abed

La faune et flore à proximité immédiate de la Merdja sont caractéristiques de celles des zones humides. Dans le cadre des procédures de classement de cette zone, un recensement des principales espèces végétales et animales du secteur a été effectué par les services de l'Environnement (2016).

Tableau 1 : principales espèces floristiques et faunistiques existantes dans la zone d'étude

Source : Direction de l'Environnement de la wilaya de Relizane (2016)

Site potentiel à classer	Espèces floristique existantes	Espèces faunistiques existantes	Etat du site
<p>Merdjet Sidi Abed (Merdjet El Amel)</p> <p>Altitude 36°01 Nord et 36° Sud</p> <p>Longitude 00°44 Ouest et 01°01 Est</p> <p>Superficie 1100 Ha</p>	<p>Tamarix aphylla – ziziphus Lotus - nertum oleade - typha – phargmites communis - pallenis spinosa- cripis visicaria - cartharmus pertinatus - andryala floccose - scolymus marculatus – centaurea algeriensis - filago spathulata - Medicago minima - plantago corronopus - Hordeum maritimum - Marrubium vulgare - Anagallis arvensis - Malva parviflora - Spergularia diandra – Beta vulgaris - Sueda fructicosa - resida alba</p>	<p>Lapin – porc épic – Lièvre – Sanglier – Chacal – Choucas – des tours – Cigogne – Héron garde – bœuf – Canard colvert – Canard souchet – Canard siffleur – Canard chipeau – Canard pilet – Canard milouin – Faucon pèlerin – Buse féroce – Busard des reseaux – Echasse blanche – Tadorne de belon – Avocette – Barge à queue noire – Chevalier aboyeur – Gravelot à collier interrompu – Chevalier gambette – Grand cormoran – Vanneau huppé – Aigrette rieuse – Héron Cendre - Chevalier arlequin – Grand aigrette – Chevalier combattant – Poule d'eau – Foulque nacronie – Faucon pèlerin – Busard féroce</p>	<p>La zone connaît des problèmes naturels tel que l'érosion et l'assèchement à cause des conditions climatiques de la région</p>

Concernant le milieu naturel en général, il y'a lieu de signaler que dans la région, le site naturel remarquable constitué par la succession de reliefs calcaires (saffah), affleurant au sud de la Merdja, a été au cours de cette dernière décennie fortement altéré par l'installation excessive, sporadique et irréfléchie de carrières d'extraction de tuff. Cela a perturbé de façon notoire l'équilibre naturel de la région qui en subira irrémédiablement de lourdes conséquences environnementales (baisse de la recharge des nappes et de l'apport en eau souterraine vers la Merdja Sidi Abed, etc.).

Chapitre II : caractéristiques physiques de la région de Merdjet Sidi Abed

7- Occupation des sols

Les sols du Chélif sont, soit occupés par l'agriculture, soit abandonnés localement pour être occupés par une végétation halophyte.

L'activité agricole concerne essentiellement :

- les vergers d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle ; ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres des oueds Rhiou, Djdiouia et de Ouarizane ;
- les cultures maraîchères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) cultivées dans les périmètres irrigués et qui se concentrent au bord des lits d'oueds ;
- les cultures céréalières, en sec principalement, sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane. On les retrouve également dans les périmètres irrigués. Selon l'étude de McDonald et Bneder (1990), ces types de cultures occupent les surfaces respectives : orge 20 %, blé 8,5 %, olivier 3,6 %, melons, pastèques et artichaut 6,7 % de la surface agricole utile. Les sols très salés abandonnés sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Guaa sont totalement dépourvus de végétation. Aujourd'hui, la plupart des exploitations agricoles ont un statut juridique privé et ont un système de production maraîchage – céréales – élevage ou arboriculture – céréales – élevage.

8- Zones urbaines

Les principales agglomérations de la zone entourant Merdjet Sidi Abed, sont d'Est on Ouest: Boukadir, Merdjet Sidi Abed, Oued Rhiou, Ouarizane et Jdiouia. La zone d'étude est constituée du chef lieu de commune de Merdjet Sidi Abed qui occupe une position excentrique par rapport au territoire qu'elle administre et deux agglomérations secondaires, douar Slatna et douar Hlaim. Le village de khoudam est le plus proche de la retenue du côté nord-ouest, tandis qu'une extension du centre urbain de la commune de Merdjet Sidi Abed vers le nord à crée une bande urbaine mitoyenne à la retenue.

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

I- CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA REGION DU MOYEN CHELIFF

Le climat des plaines du Moyen Chélif, est un climat spécifique, rude et contrasté, avec des étés très chauds et des températures basses en hiver. Cette particularité lui a aussi valu des qualificatifs célèbres, tels que le "four du tell" ou encore « une portion du Sahara égarée dans le tell » (Boulaine, 1957).

Les précipitations de la plaine du moyen-Chélif, sont d'une part à la base du maintien et de l'avènement du couvert végétal, d'autre part, elle joue un rôle important dans la dégradation des sols par l'érosion hydrique lors des averses torrentielles comme l'a bien précisé Boulaine en 1957 "certaines années comme ce fut le cas en 1927-1928 ce fut la zone oranaise de la vallée du Chélif qui reçut les précipitations les plus abondantes. Celles-ci se traduisent par des crues catastrophiques. La répartition des pluies suivant les mois de l'année est évidemment marquée par une sécheresse aiguë des mois d'été : juin et surtout juillet et août ; en plus par la remontée des sels en cas d'insuffisance pluviométrique".

La figure n°20 présente la répartition de la pluviométrie annuelle, de la période 1961 – 1999, pour l'ensemble du bassin du Chelif (MREE, 2010).

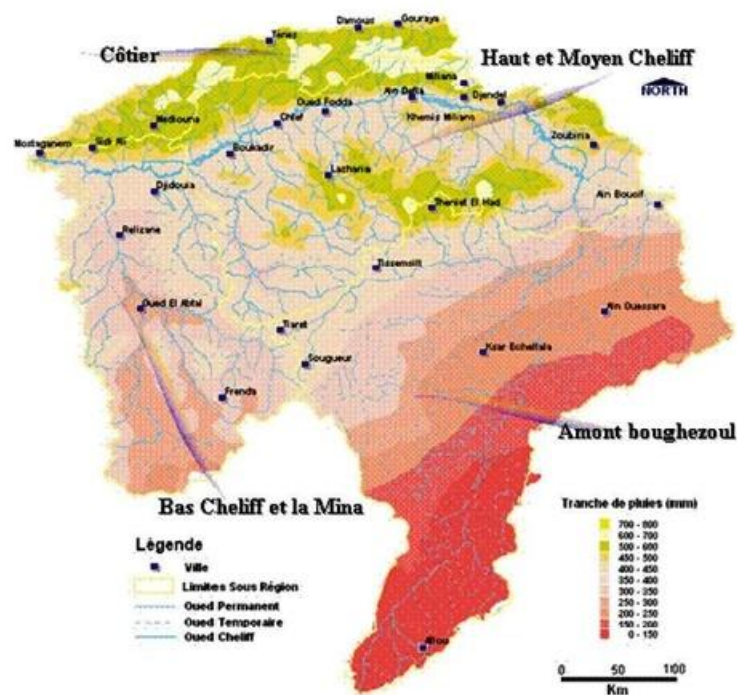


Figure 24: Carte pluviométrique du bassin Cheliff pour la période (1961 - 1999) (MREE, 2010)

L'observation des valeurs combinées des précipitations et des températures enregistrée à la station de Hmadna entre 1985 et 2007 indique une moyenne annuelle des températures de

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

19,34° C. Le mois d'août est le mois le plus chaud avec une moyenne mensuelle de 29,72°C et celui de janvier enregistre une valeur de 10,37°C (Tableau2).

Tableau2 : Moyennes mensuelles des précipitations (1985-2005) et des températures de la station de Hmadna (1985-2007) (Source : INRAA Hmadna).

Mois	janv.	fev.	mars	avril	mai	juin
Température (°C)	10,37	11,78	14,36	16,69	21,45	25,85
Précipitation mm	37,71	35,23	27,65	31,01	21,27	4,65
Mois	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.
Température (°C)	29,31	29,72	25,35	20,9	14,63	11,72
Précipitation mm	1,18	2,5	14,91	30,41	49,34	34,17

L'analyse de la répartition de la pluviométrie à la station Hmadna mesurée sur la période s'étalant de 1985 à 2005 indique que le mois le plus pluvieux est celui de novembre (49 mm). La période estivale s'étalant entre juin et août est la moins pluvieuse dans l'année. La plus faible pluviosité est enregistrée durant le mois de juillet avec une valeur proche de 1 mm.

Les valeurs combinées de températures et des précipitations permettent d'établir le diagramme ombrothermique relatif à la station de Hmadna (figure25).



Figure 25 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station de Hmadna de la période 1985 - 2007.

La combinaison des valeurs de m (°C) en abscisses et celle du QE en ordonnées permet de positionner cette station en fonction de divers étages climatique observés (figure26).

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

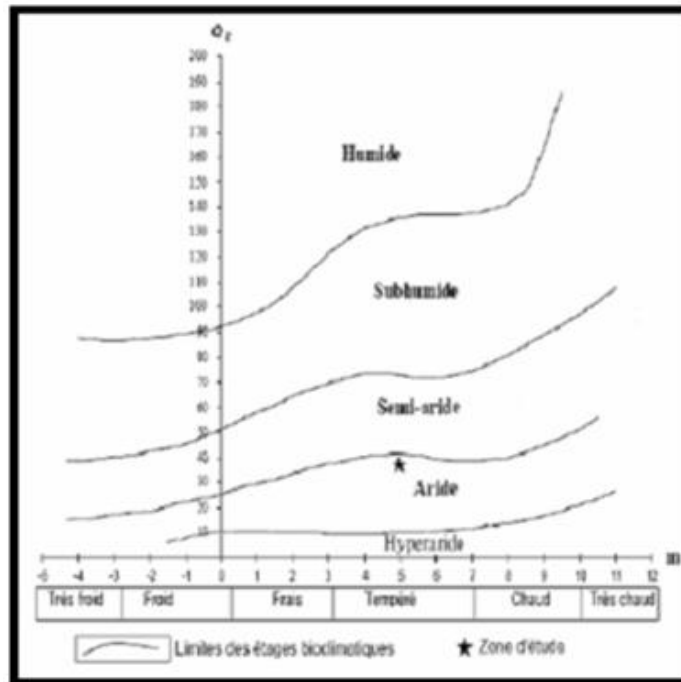


Figure 26: Position de la station de Hmadna sur le climagramme d'Emberger

Le climagramme (Figure 22) indique que la station est située dans l'étage climatique aride à hiver doux, avec un QE moyen de 37.01 et une température minimale moyenne autour de 5°C.

L'extension géographique de cette zone bioclimatique à caractère aride est représentée à la (figure27).

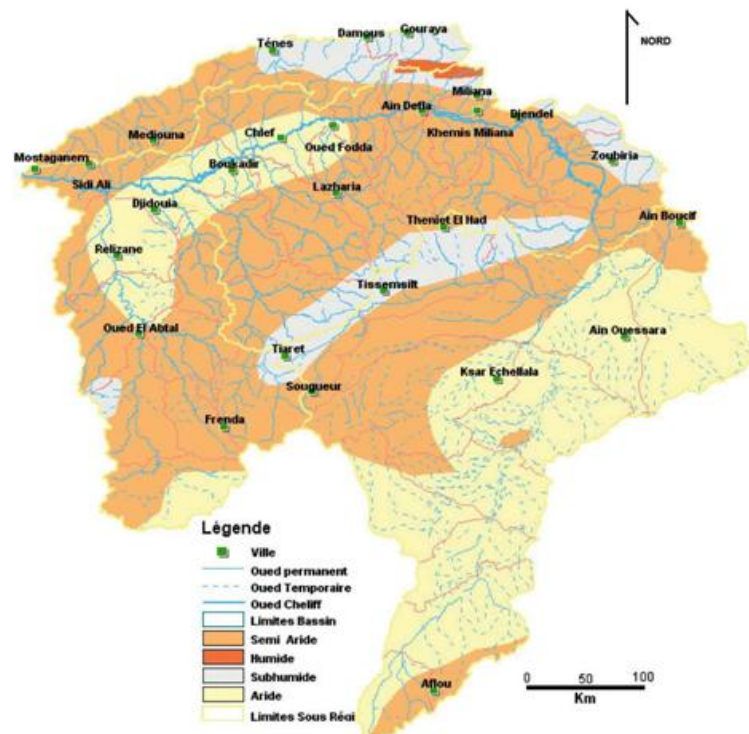


Figure 27 : Carte des étages bioclimatiques du bassin Cheliff (MREE, 2010).

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

II - CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA ZONE DE MERDJET SIDI ABED.

La disponibilité des données est essentielle pour l'étude du climat de la région de Merdjet Sidi Abed. En plus de la difficulté d'accès aux données disponible sur la région, la contrainte que nous avons rencontré lors de la récolte des données climatiques disponibles viennent du fait que les séries d'observations sont faibles et limitées présentant de nombreuses données manquantes. Nous baserons l'étude sur l'exploitation des données climatiques de la station expérimentale INRAA à Hmadna.

II-1 ANALYSE DES PRECIPITATIONS

Les quantités de précipitations au niveau de la région montrent une variabilité interannuelle marquée variant d'une lame d'eau précipitée de 169,5 mm en 1993 à 400,2 mm en 2010 (tableau 3 et figures 24).

Tableau 3: Cumul annuel des précipitations annuelles à la station de Hmadna (1993-2015).

Années	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Précipitations (mm)	169,50	193,64	260,49	293,17	385,68	203,20	296,80	309,46	398,40	225,40	286,35	351,25

Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Précipitations (mm)	222,60	259,50	374,10	370,40	295,40	400,20	369,40	328,42	335,30	319,10	191,30

Source: Station INRAA Hmadna 2016

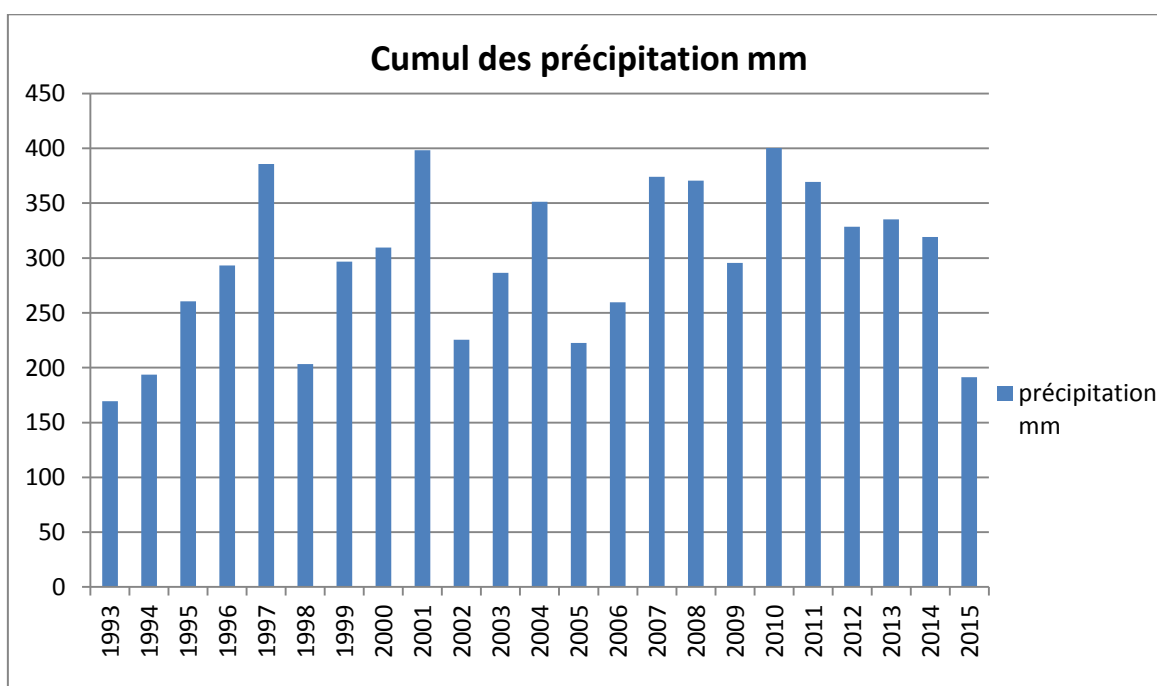


Figure 28 : Cumul annuel des précipitations à la station de Hmadna (1993-2015).

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

II-2 ANALYSE DES TEMPERATURES

Sur la période 1993 - 2012, la température moyenne de la série a été de 19.72 °C (tableau4).

Tableau 4: températures interannuelles de la station de Hmadna (1993-2012).

Années	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T MIN	10,50	11,94	12,08	10,93	13,71	11,45	12,25	8,70	9,67	10,44
T MAX	23,03	26,03	25,18	25,71	26,91	25,95	26,65	31,50	31,30	27,93
T MOY	16,76	19,98	19,57	21,22	20,31	18,70	19,45	19,67	19,89	19,35

Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
T MIN	10,46	11,50	7,67	9,20	10,71	10,09	10,90	13,12	10,52	7,65
T MAX	31,80	31,47	30,67	31,57	29,76	30,08	30,68	30,91	30,37	30,50
T MOY	20,39	20,13	19,36	20,14	19,04	19,43	19,79	19,91	19,90	19,34

Source : Station expérimentale INRAA Hmadna 2016

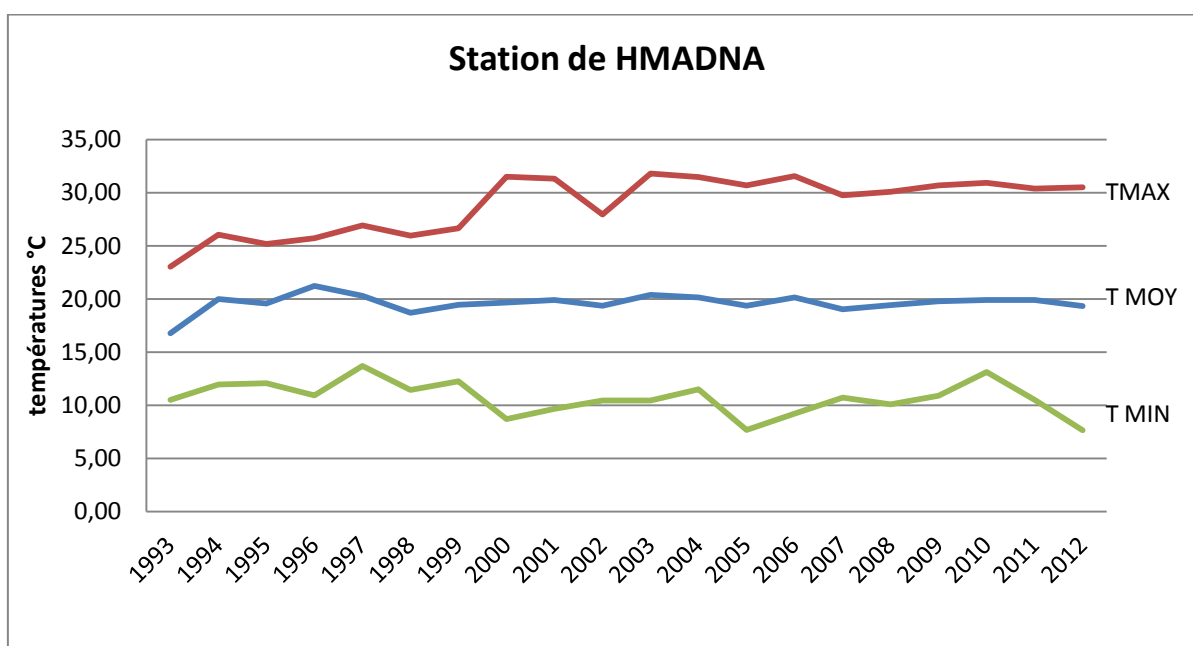


Figure 29: Moyennes annuelles des températures de la station de Hmadna (1993-2012).

La moyenne des températures maximales pour cette période est de 30.59 °C, tandis que la moyenne des températures minimales est de 10.16 °C. On remarque un écart de près de 20°C entre les deux moyennes.

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

VI - IMPACTS OBSERVES ET POTENTIELS SUR LA ZONE D'ETUDE

VI-1 IMPACTS SUR LE BARRAGE DE LA MERDJET SIDI ABED

En premier lieu et à partir des données récoltées auprès de la station Merdjet Sidi Abed, nous allons analyser la variation de température sur la période 2001-2014 et de la cote du niveau d'eau du barrage sur la période 1990-2014.

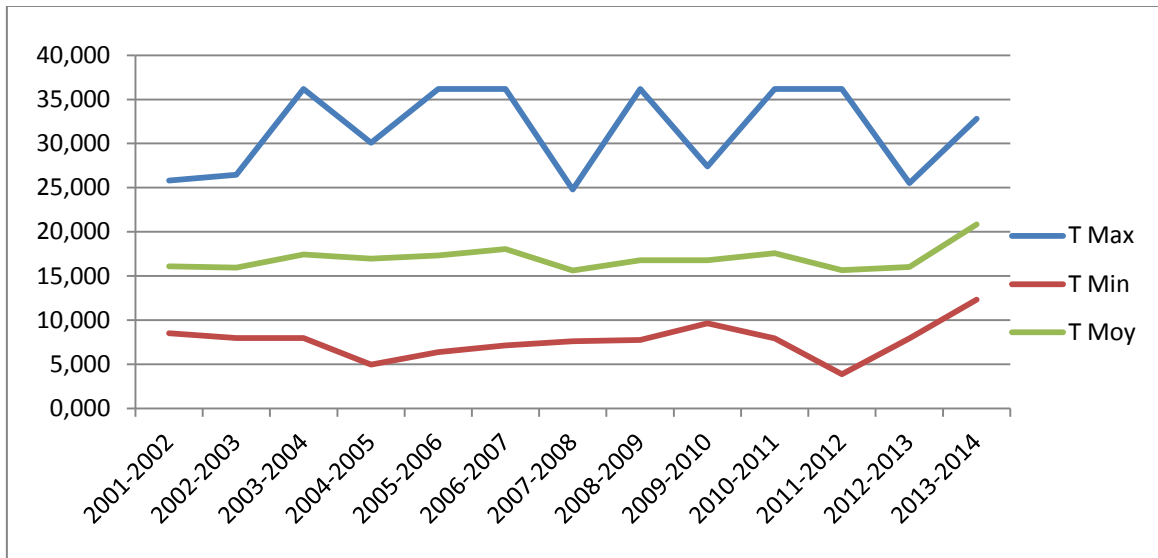


Figure 30: Moyennes des températures interannuelles de la station du barrage Merdjet Sidi Abed (2001 -2014).

En général, les températures au cours de la période de 2001 à 2014 ne connaissent pas de grandes fluctuations sur le périmètre de la Merdjet Sidi Abed. Elles sont restées proches du niveau moyen de la température, 20°C. Ceci peut être dû au rôle de micro climat local que joue le barrage dans l'atténuation des températures du secteur. De façon opposée, l'effet de l'évaporation se reflétera négativement sur le niveau et la quantité d'eau dans le barrage ce qui impactera l'écosystème et sur la disponibilité des eaux à usage d'irrigation agricole dans toute la région.

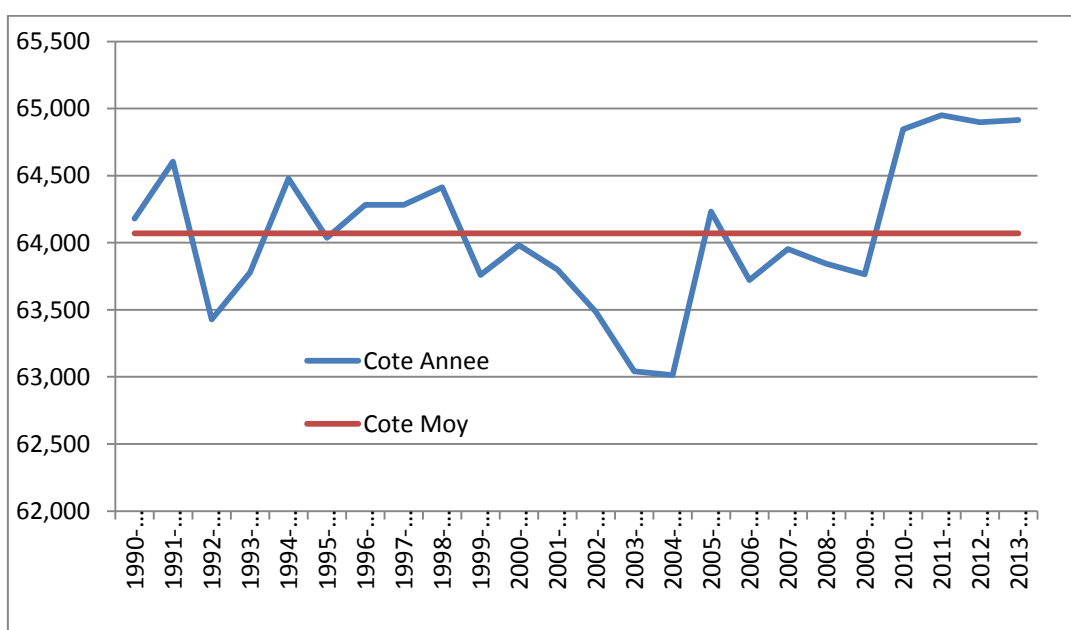
Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

**Tableau 5 : Variations de la cote (niveau) du barrage de Merdjet Sidi Abed
(1990 – 2014) par rapport à la cote moyenne (64,07)**

Années	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cote Annee	64,180	64,60	63,42	63,78	64,47	64,03	64,28	64,282	64,41	63,759	63,98	63,80

Années	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cote Annee	63,486	63,042	63,014	64,232	63,722	63,953	63,843	63,766	64,845	64,951	64,898	64,915

Source : station de barrage Merdjet Sidi Abed 2016



**Figure 31: Variations de la cote (niveau) du barrage de
Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014**

Le niveau (Cote) du barrage a connu des fluctuations au cours de la période de 1990 à 2014, mais proportionnelle aux changements de température depuis l'année 1994-1995, le barrage enregistre un déficit au dessus du niveau moyen (64.07) sur les périodes 1992 à 1995 et 2007 à 2010, la période du 2001 à 2005 est plus marquée avec un niveau moyen le plus bas de 63,01m en 2005, le niveau supérieur moyen et de 64,915 m enregistrer en 2014.



Source : image google earth prise le 21-07-2012

Figure 32 : Barrage MSA en bonnes conditions de remplissage



Source : image google earth prise le 04-09-2004

Figure 33 : Barrage MSA en mauvaises conditions de remplissage

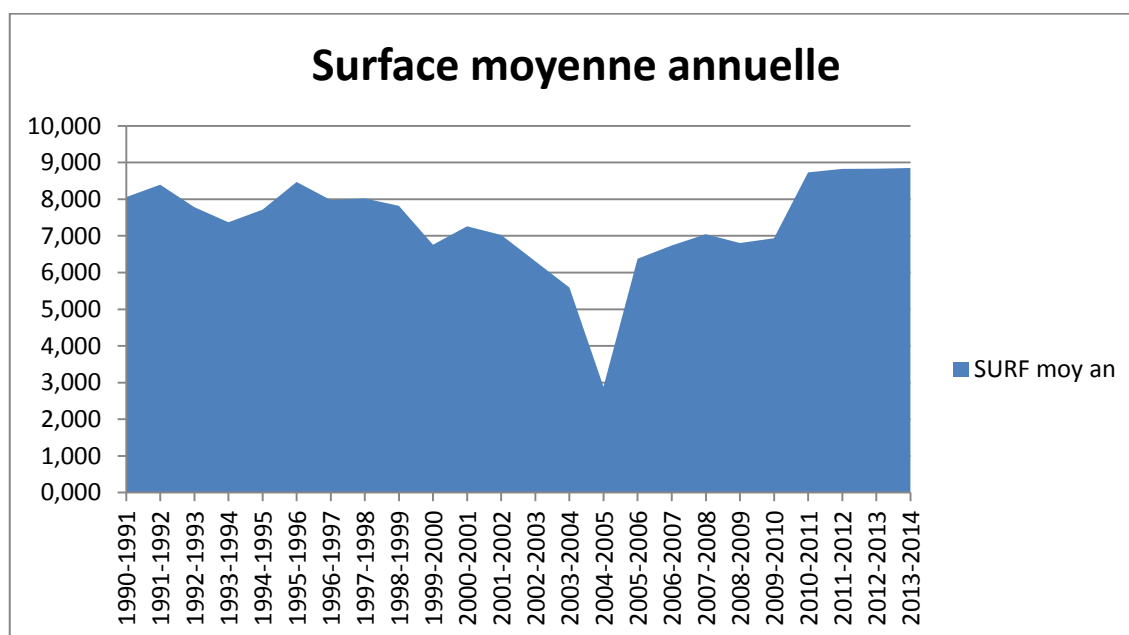
Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

**Tableau 6 : Variations de la Surface annuelle moyenne du barrage de
Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014**

Années	1990 - 1991	1991 - 1992	1992 - 1993	1993 - 1994	1994 - 1995	1995 - 1996	1996 - 1997	1997 - 1998	1998 - 1999	1999 - 2000	2000 - 2001	2001 - 2002
Surface moyenne du barrage	8,056	8,396	7,784	7,371	7,714	8,469	7,978	8,022	7,820	6,759	6,309	5,593

Années	2002 - 2003	2003 - 2004	2004 - 2005	2005 - 2006	2006 - 2007	2007 - 2008	2008- 2009	2009 - 2010	2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014
Surface moyenne du barrage	7,025	7,261	2,886	6,377	6,738	7,046	6,806	6,936	8,732	8,827	8,832	8,852

Source : Station de barrage Merdjet Sidi Abed 2016

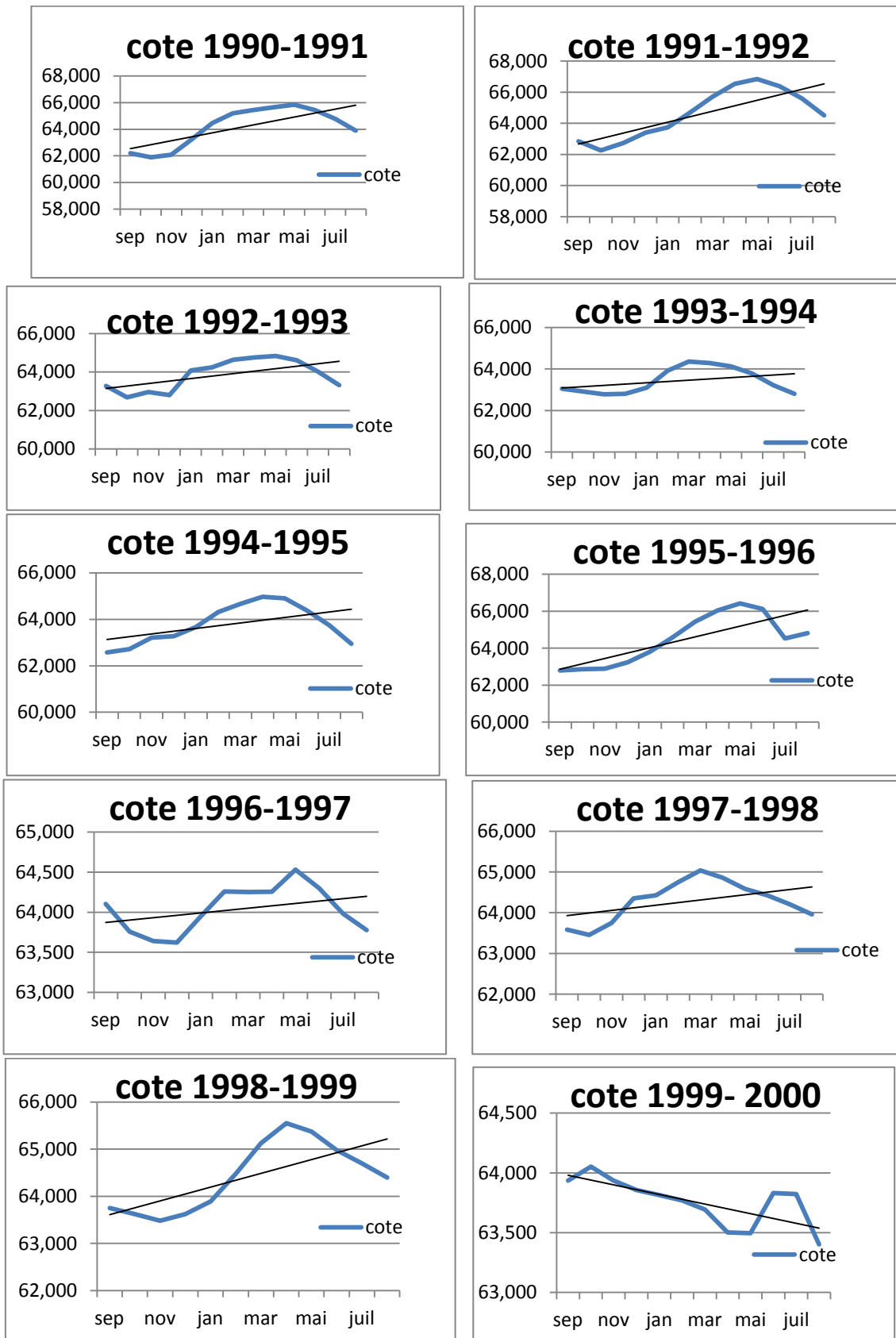


**Figure 34 : Variations de la Surface annuelle moyenne du barrage de
Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014**

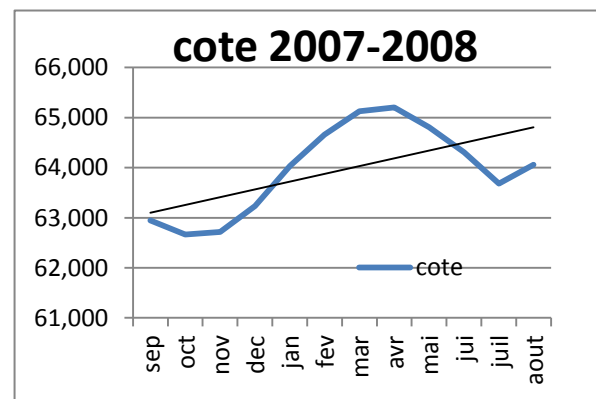
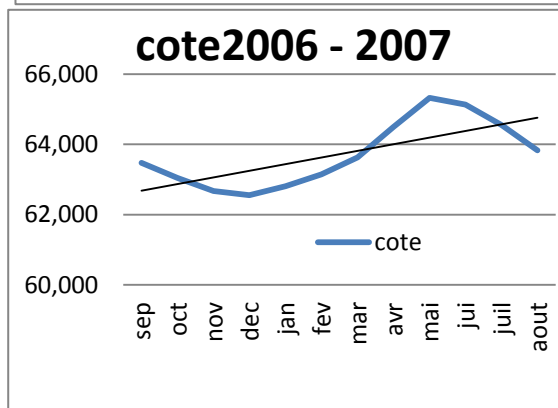
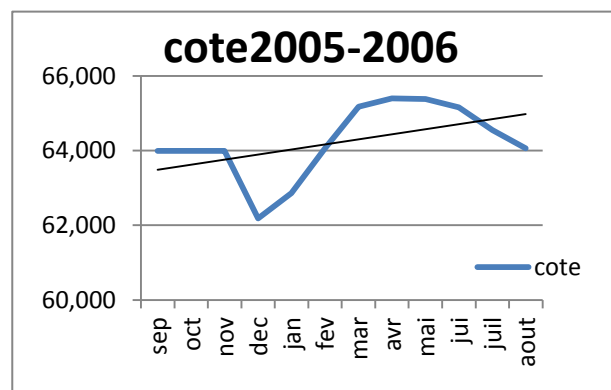
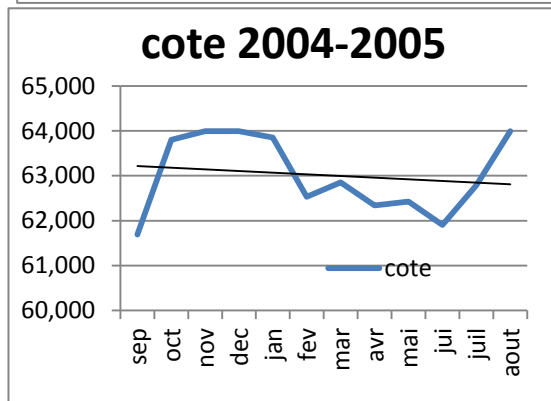
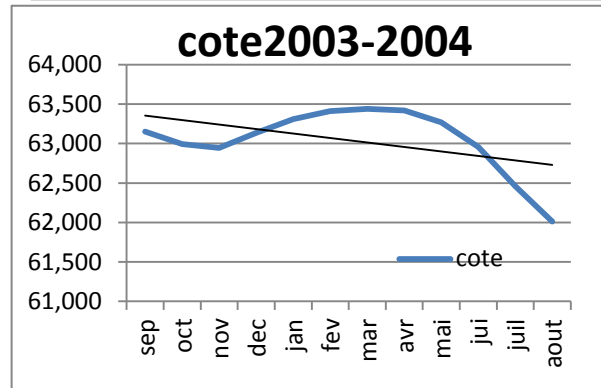
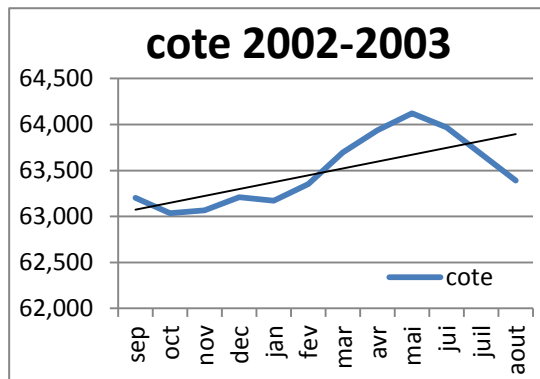
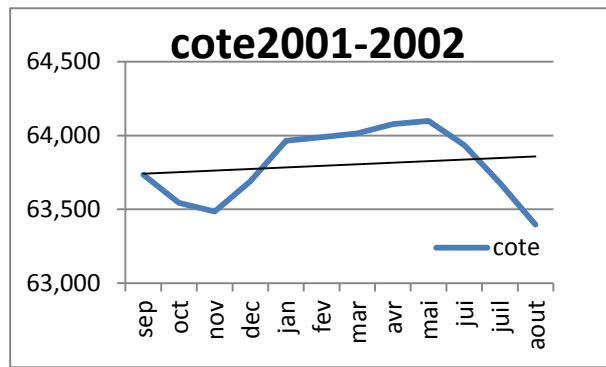
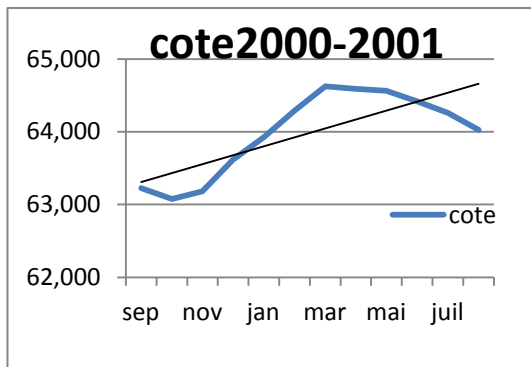
La figure 28 montre que la surface du barrage de Merdjet Sidi Abed a diminué terriblement au cours de la période de 1996 à 2011. Le plus bas niveau atteint entre les années 2004 à 2006 par moins de 2 km², c'est une contraction sans précédent, et nous allons essayer de montrer son effet sur toute la zone d'étude. La période entre 2011 et 2013 a connu une amélioration de la surface, alors qu'une situation de trop plein n'est jamais enregistrée sur toute la période.

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

Variations annuelle de la Surface du barrage de Merdjet Sidi Abed 1990 – 2014



Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude



Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

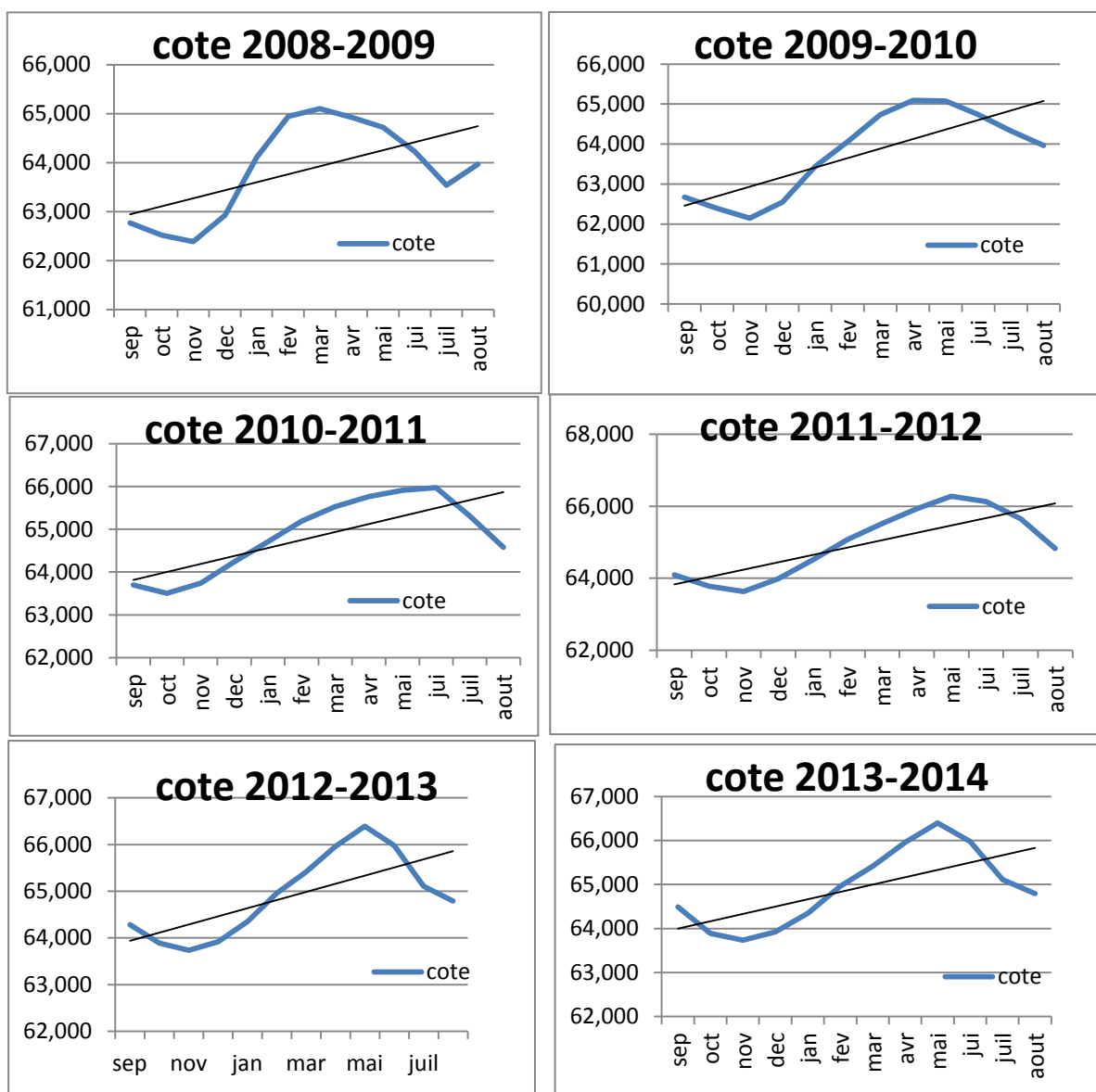


Figure 35 : la variation annuelle du Cote du barrage de Merdjat Sidi Abed Période (1990 - 2013).

SOURCE Krim Hassan 2016

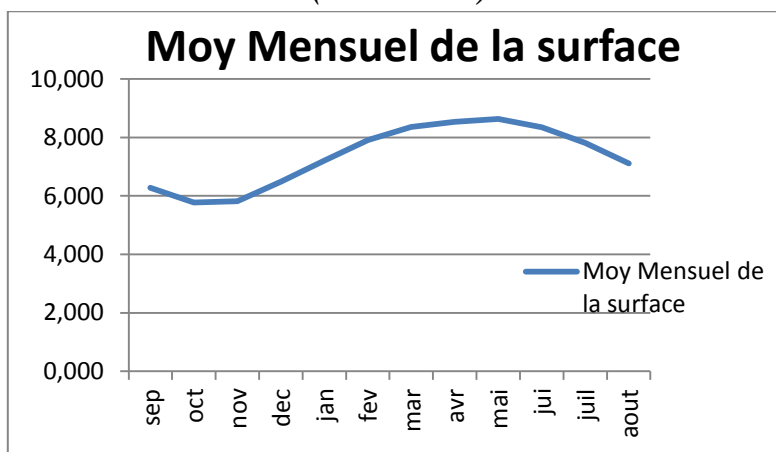


Figure 36 : Surface moyenne mensuelle du barrage de Merdjat Sidi Abed

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

Tableau 7 : Observations et commentaire sur la variation annuelle du Cote (niveau) du barrage de Merdjet Sidi Abed Période (1990 - 2013).

Séries d'années	Observations	Commentaires
De 1990 à 1998	Une série homogène avec un niveau cote moyenne 63,679 La durée de la recharge s'étend de la mi-novembre jusqu'à la mi-mai	Niveau de stock acceptable par rapport à la moyenne de la série 1990 à 2013
De 1999 à 2006	Une série irrégulière Perturbations du niveau (cote) du barrage avec une baisse considérable de la recharge et un niveau critique enregistré en 2005 avec une cote de moins de 62 mètres Anomalies et ruptures sur les périodes 1999-2000 et 2003-2004 et 2004-2005	Décalage dans le début et la durée de recharge (retard pluviométrique) Niveaux les plus bas enregistrés entre 2004, 2005 et 2006
De 2006 à 2013	Série homogène avec un niveau cote supérieur à plus de 66 m	Le niveau du barrage reprend un état plus ou moins normal par rapport à la moyenne de toute la série, justifié par des apports considérables d'eau dérivés à partir de l'Oued Chélif

SOURCE Krim Hassan 2016

On peut conclure qu'il y a une succession de sécheresses de huit ans, et que la période entre Aout et septembre, est la plus idéale pour entamer des opérations de dévasement (*Figure 32*).

VI-2 IMPACTS SUR LE PERIMETRE DE LA MERDJET SIDI ABED

1- Les changements affectant les eaux souterraines

La diminution des pluies due aux sécheresses qui sévissent depuis le début des années 70 a entraîné une baisse constante des réserves d'eau souterraine des principales nappes aquifères du nord du pays. Dans beaucoup de plaines du pays, le niveau des nappes phréatiques a déjà chuté dans des proportions alarmantes, l'effet du changement climatique va aggraver la situation (Dans de nombreuses communautés, les eaux souterraines sont la principale source d'eau pour les besoins d'irrigation, municipaux et industriels. Dans de nombreux endroits, l'extraction excessive d'aquifères non confinés entraîne un niveau de

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

réduction de la nappe phréatique, le taux d'extraction étant supérieur au taux de recharge. En fait, les aquifères non confinés sont souvent considérés comme faisant partie de la même ressource que l'eau de surface, étant donné qu'ils sont reliés hydrauliquement. Les changements climatiques peuvent donc directement affecter ces taux de recharge et la durabilité des eaux souterraines renouvelables. Les alimentations en eaux souterraines dans les aquifères confinés proviennent généralement des sédiments géologiques profonds déposés il y a longtemps et ont pu décliner en conséquence indirecte de l'extraction accrue pour compenser les ressources hydriques déclinantes en surface. Le changement climatique est également susceptible d'avoir un impact fort sur l'intrusion d'eau salée dans les aquifères, ainsi que sur la salinisation des eaux souterraines due à un accroissement de l'évapotranspiration.) (Kundzewicz et al., 2007).

2- Les impacts sur les écoulements de surface

La sécheresse intense et persistante, observée sur le Chélib durant les dernières décennies et caractérisée par un déficit pluviométrique, a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, et particulièrement sur l'Oued Chélib, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques de la région.

3- Les changements affectant les eaux de barrages (envasement, etc.)

Les changements affectant la retenue des eaux de surface sont dus à l'envasement et à la diminution du ruissellement, ... La nature et la morphologie des terrains en pente, la fragilité du couvert végétal, le manque de boisement et l'urbanisation en amont des barrages engendrent une forte érosion qui réduit la capacité de stockage des barrages de 2 à 3% chaque année, à cause de l'envasement dû au transport et au dépôt de sédiments par les eaux de pluie. Actuellement, 14 barrages sur la soixantaine existante sont envasés.... La contribution du ruissellement aux eaux de surface a systématiquement diminué. Les flux trop faibles ne permettent pas de remplir suffisamment les barrages existants (Kadi, 1997).

Dans les régions arides, le phénomène de l'envasement est un problème hydraulique qui menace sérieusement la capacité des barrages. C'est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique. Environ 180 millions de tonnes de terre atteignent le littoral, dont une partie se dépose dans les barrages réservoirs (Demmak, 1982). Une quantité de 45 millions de m³ de vase se dépose chaque année dans les barrages Algériens (Remini, 2009). Cependant, dans certains cours d'eau on enregistre des concentrations en particules fines dépassant les 100 g/l (Remini, 1997). Ceci provoque la formation des courants de densité à l'entrée des réservoirs de barrages qui se propagent sur le fond de la retenue sous forme d'un faisceau d'eau bien individualisé jusqu'au pied du barrage (Remini, 1997). C'est exactement le type d'envasement des barrages en régions aride et semi aride. Le barrage de MERDJET SIDI ABED situé dans le bassin hydrographique de Chelif Zahrez, laquelle est considérée comme la région la plus érodée du nord Algérien.

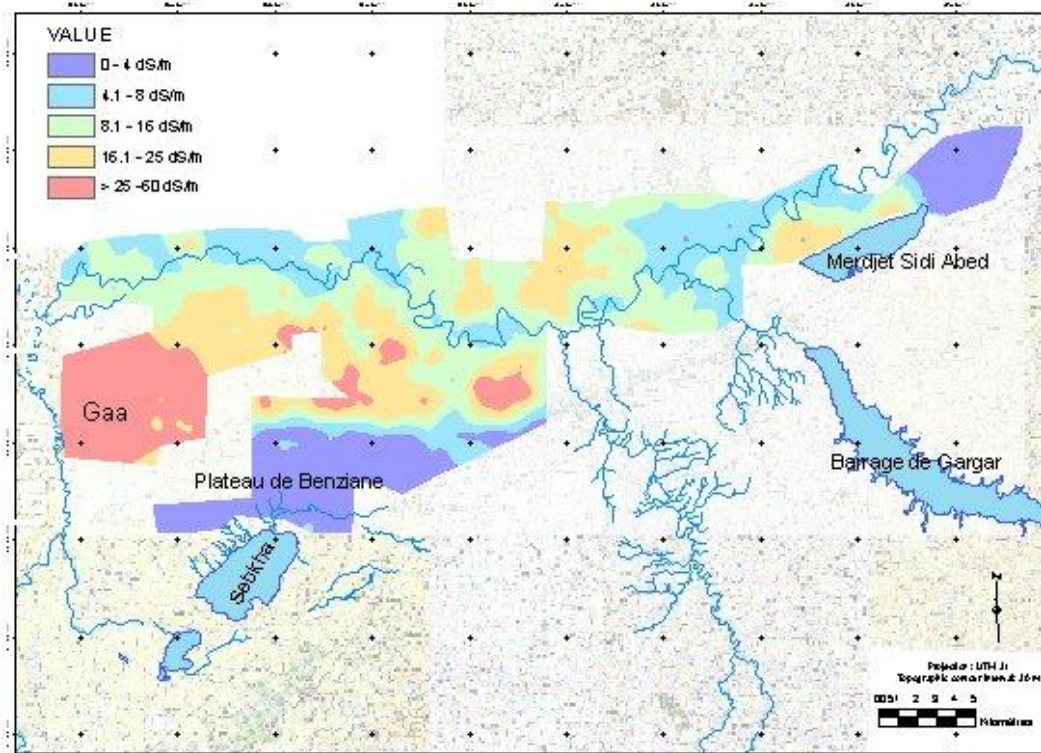
Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

4- Impact sur l'érosion

Ce phénomène « naît » et se développe grâce à la combinaison de plusieurs facteurs dont l'aridité du climat et les données géomorphologiques qui font que les reliefs de plaines et de vallées, constituant l'ossature principale de cette région, sont alimentés de façon constante, en alluvions et colluvions, matériaux qui proviennent essentiellement de régions de montagne du fait de l'érosion « naturelle » et des phénomènes de dégradation liés à l'homme ;

5- Impact sur salinité

La salinité est le premier facteur de la dégradation des états de surface (Mokhtari, 2009). Cette dégradation qui agit en premier lieu sur la couverture végétale rend difficile la croissance des plantes dans les endroits fortement salins (Douaoui et al., 2006). La carte de la salinité établie par Douaoui et Lépinard (2010) a montré que la salinité reste faible dans le périmètre de Ouarizane, Oued Rhio et Djediouia, ce qui est à l'avantage d'un couvert végétal dense. Dans le périmètre de Hmadna, la CE qui dépasse 4 dS/m inhibe le dynamisme végétal au sein de ce périmètre.



Source : A. DOUAOUI, H. et al 2004

Figure 37 : Variogramme et carte de la salinité établie par krigeage ordinaire

6- Impact sur l'occupation des sols

La plaine du moyen-Chélif a connu une dynamique très variable de l'occupation des sols. Ce dynamisme qui est sous la dépendance de plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs : le

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

facteur climatique qui intervient par le déficit pluviométrique enregistré au cours des deux dernières décennies est passé de plus de 300 mm/an à 220 mm/an. YAHIAOUI I.

7- Impact sur le risque des feux de forêt

L'exposition au risque de feux de forêt est aujourd'hui relativement très faible sur le périmètre de la MERDJAT. Mais dans le contexte du changement climatique, l'augmentation attendue des températures, ainsi que de la fréquence et de la durée des sécheresses, devrait se traduire par un accroissement significatif de l'exposition des forêts à ce risque à moyen et long terme.

8- Impact sur l'agriculture

Comme partout dans les pays arides ou semis arides, l'agriculture est le premier consommateur d'eau, ce qui lui impose de développer des modes de gestion à même d'utiliser de façon efficace, efficiente et économique les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation. Il importe donc de maximiser l'efficacité de l'irrigation tout en assurant la durabilité des périmètres irrigués. Ce qui signifie qu'il s'agira de mettre en place un système de drainage optimum qui permet d'assurer, de façon correcte, l'évacuation des sels apportés par l'irrigation.

9- Impact sur le milieu et l'écosystème

Ces milieux sont particulièrement exposés à toute variation du climat. Néanmoins, au regard des données disponibles, la vulnérabilité de ces milieux aux impacts du changement climatique est difficile à évaluer. La plupart des sources disponibles s'accordent toutefois pour affirmer que le changement climatique ne constituera qu'une pression supplémentaire à celle, déjà très importante, des activités humaines. L'enjeu principal consiste à protéger les milieux naturels ouverts – les zones humides notamment – afin de préserver, d'une part, leur capacité d'adaptation et, d'autre part les services écosystémiques qu'ils rendent.

Au-delà de ses impacts sur les milieux naturels, le changement climatique pourrait également toucher les espèces et les écosystèmes, à travers trois phénomènes majeurs ;

- Le déplacement vers le nord de l'aire de répartition de nombreuses espèces et la réduction de l'espace disponible pour certaines autres (risque d'extinction) ;
- L'évolution physiologique de plusieurs espèces, en réaction à l'évolution climatique, avec de potentiels bouleversements des chaînes alimentaires ;
- Le possible développement d'espèces envahissantes.

10- Impact sur la zone humide

Dans les milieux humides, l'eau est le facteur déterminant tant pour le fonctionnement de ces zones naturelles que pour la vie animale et végétale. La submersion des terres, la salinité de l'eau (douce, saumâtre ou salée) et la composition en matières nutritives de ces territoires subissent des fluctuations journalières, saisonnières ou annuelles. Ces variations dépendent à la fois des conditions climatiques, de la localisation de la zone au sein du bassin hydrographique et du contexte géomorphologique (géographie, topographie).

Ces fluctuations sont à l'origine de la formation de sols particuliers ainsi que d'une végétation et d'une faune spécifiques. L'abondance des algues, de poissons, d'oiseaux d'eau,

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

et d'autres espèces sauvages, peut ainsi varier dans un même milieu selon la période de l'année.

Tous les experts s'accordent pour dire que la régression des zones humides constitue un phénomène particulièrement important. Ce ci est le cas pour notre zone d'étude, qui ce régresse de jours en jours, est qui mérite d'être classée, vue l'existence de 07 sept espèces d'oiseaux protégées dans la région qui exige l'inclusion comme une zone protégée (Héron cendré, Canard Siffleur, Spatule Blanche, Echasse Blanche, Flamant Rose, Vomer Huppé, Avocette Élaguent, Ibis Vaccinelle) ces espèces sont considérés comme espèces protégées selon la convention Ramsar dont seulement 03trois d'entre eux permet de la classifiée. A savoir que la Spatule Blanche, et l'Echasse Blanche sont des oiseaux très rares, Malheureusement aucun projet de conservation n'est aujourd'hui envisagé, pour sa classification à la liste de RAMSAR, ce qui permettra de prévoir des mesures pour sa préservation. (voire annexe 1)

11- Impact sur la pisciculture

Une quantité considérable de poissons a péri a cause de la diminution de la réserve d'eau stockée dans le barrage. D'après les rapports des comités indiqués par la direction de l'hydraulique, la direction de la pêche et des ressources halieutiques et de l'Agence nationale des barrages, Un manque d'oxygène serait à l'origine de la mort de ces poissons, a noté que le barrage avait connu des cas similaires ces dernières années, les plus marquées sont selle de 2000, 2001,2006 et 2012. Les mêmes sources expliquent que le barrage Merdjet Sidi Abed dans lequel vivent des quantités considérables de poissons, n'emmagasine, actuellement pas plus 10 millions de mètres cubes d'eau, une contraction comme celle enregistrée entre 2004 à 2006 par moins de 2 km2 de surface crié un surpeuplement et un déficit on oxygène. Les espècesensemencées dans le barrage sont indiqué au tableau suivant.

Tableau 8: les espèces poissonsensemencées dans le barrage de la Merdjet Sidi Abed

Espèces	Années d'Ensemencement	quantités
Carpe royale	86-85	3025000
	2006	100000
Carpe	1983	2000
carpe argentée	86-85	50000
	1991	70000
	2001	1350000
	2006	50000
la carpe à grand bouche	85	4000000
	1991	280000
	2006	50000
Carpe Herbivore	2001	450000
Le Tilapia	2002	100

Source: Direction de la pêche et des ressources halieutiques 2016

Chapitre III : Etude des facteurs climatiques et de leurs impacts sur la zone d'étude

12- Impact socioéconomiques

une baisse dramatique du niveau d'eau du lac fait craindre des jours difficiles pour les nombreux pêcheurs activant au niveau de la retenue de Merdjet Sidi Abed,. La sécheresse qui sévit présentement dans la région s'est traduite en effet par la réduction notable de cet immense plan d'eau, De nombreux jeunes de la localité d'El Merdjat Sidi Abed tirent leurs revenus de la pêche, une activité qu'ils pratiquent pour la plupart sans autorisation et donc de manière clandestine. Mais ce braconnage fait néanmoins vivre des familles entières de cette commune déshéritée. Les jeunes que nous avons rencontrés sur les bords du lac estiment que si la sécheresse persiste, le plan d'eau va rétrécir encore davantage, ce qui aura pour conséquence la mort de milliers de poissons, surtout ceux qui restent coincés dans les gueltas peu profondes. Notons que le produit de la pêche est vendu le long de la route nationale n°4 et parfois sur les bords de l'autoroute A1 (Est-Ouest) ainsi que dans les principaux marchés de la région, en particulier à Chéloff.

13- Impact sur l'activité touristique

On peut dire que cette zone a des caractéristiques naturelles particulières , mais le tourisme est influencé par des facteurs climatiques , qui nuisent à sa valeur comme un refuge pour les randonneurs, qui recherchent le plaisir, surtout au printemps et en été, et le confort en plus d'avoir un passe-temps de la pêche dans le lac ,et qui viennent de façon permanente le long année.

14- Impact sur la santé

La rétraction d'eau sur les rives du lac laisse des zones de Guelta est qui sont un environnement idéal pour le développement de bactéries, en plus de la prolifération des insectes grâce aux conditions appropriées et à l'augmentation de la température, ce qui conduit à accélérer le cycle biologique des insectes, qui se répandent en abondance dans la région, comme les moustiques qui portent diverses maladies, est qui sont d'une menace importante pour la santé.

INTRODUCTION

Etymologiquement, la vulnérabilité désigne la blessure (du latin *vulnerare* = blesser). C'est à la fois le dommage subi par un système et la propension du système à subir ce dommage.

De manière générale, la vulnérabilité représente une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages.

Dans le cas du changement climatique, la vulnérabilité est le degré auquel les éléments d'un système (éléments tangibles et intangibles, comme la population, les réseaux et équipements permettant les services essentiels, le patrimoine, le milieu écologique, etc.) sont affectés par les effets défavorables des changements climatiques (incluant l'évolution du climat moyen et les phénomènes extrêmes). La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat (alias l'exposition) à laquelle le système considéré est exposé et de la sensibilité de ce système à cette variation du climat.

1 - DEMARCHE POUR L'ETUDE DE LA VULNERABILITE SOCIO-ECONOMIQUE D'UN TERRITOIRE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le diagnostic de vulnérabilité d'un territoire, préalable à toute démarche d'adaptation au changement climatique, a pour objectif de caractériser l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation afin de qualifier la vulnérabilité actuelle et future (forte, moyenne ou faible) d'un territoire aux impacts attendus du changement climatique. La vulnérabilité est définie ici comme le croisement entre l'exposition et la sensibilité au changement climatique.

$$\text{Vulnérabilité (V)} = [\text{Sensibilité (Se)} \times \text{Exposition (Ex)}] / \text{Capacité d'adaptation (AC)}$$

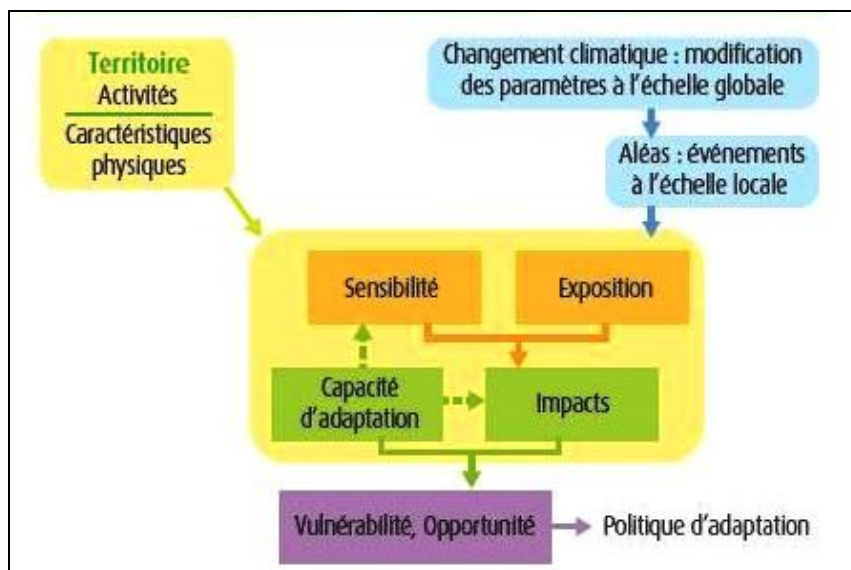


Figure : Schéma explicatif des concepts associés à la vulnérabilité au changement climatique au niveau d'un territoire (Sogreah, 2010).

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

Pour définir une stratégie d'adaptation, il est donc nécessaire de comprendre non seulement les impacts potentiels sur les ressources et leurs usages, mais aussi d'analyser les facteurs de vulnérabilité des territoires.

2- LES ETAPES DE L'ANALYSE DE LA VULNERABILITE

L'étude de vulnérabilité d'un territoire doit, d'une part, évaluer qualitativement la vulnérabilité du territoire, et d'autre part, hiérarchiser ce niveau de vulnérabilité. Elle permet d'identifier les points de vigilance sur un territoire donné et met en avant des territoires où il devient urgent de mettre en œuvre des mesures de gestion favorisant l'adaptation au changement climatique.

Selon cette vision, une démarche d'évaluation de la vulnérabilité socio-économique d'un territoire au changement climatique a été proposée par la Sogreah en 2010. Après, la définition des activités prioritaires et des caractéristiques physiques d'un territoire, cette démarche propose en deuxième étape d'appliquer une matrice de vulnérabilité au changement climatique (figure 39). C'est cette démarche qui a été appliquée à notre zone d'étude.

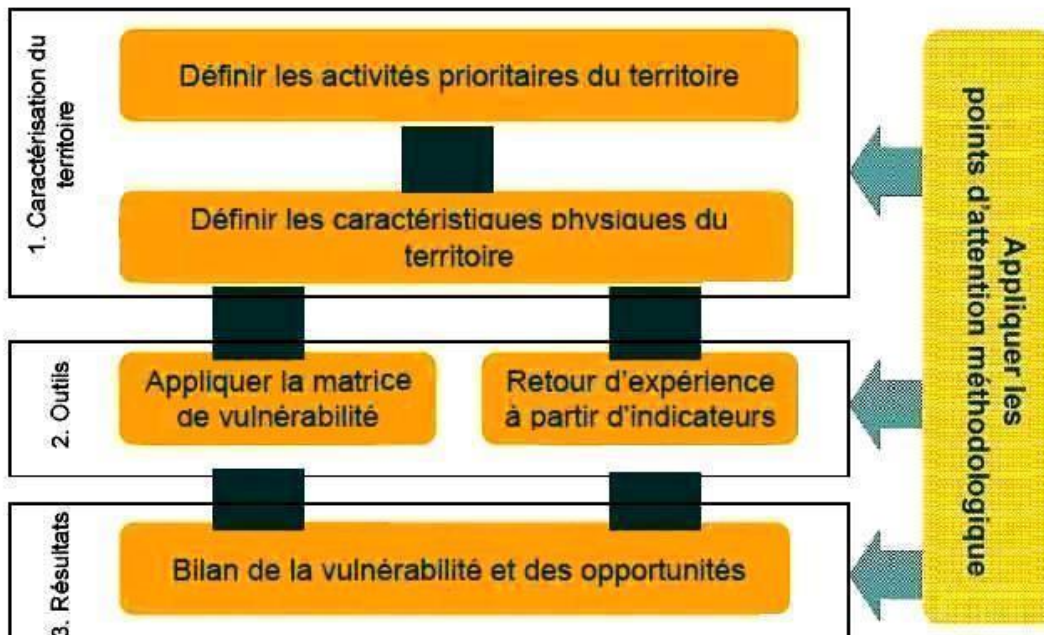


Figure 39 : Schéma des étapes à suivre pour l'analyse de la vulnérabilité d'un territoire (Sogreah, 2010)

Par "activités prioritaires », il est entendu ici les activités ayant un poids socio-économique important pour le territoire ou celles en interaction forte avec ces dernières ; D'autres points de vue peuvent cependant être retenus selon les stratégies territoriales propres.

Pour la zone d'étude de Merdjet Sidi Abed, nous avons sélectionné quatre activités ou secteurs prioritaires :

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

1-Ressources en eau

2- Biodiversité et Forêt

3- Agriculture et Pêche

4- Tourisme

Le premier secteur se justifie par le rôle central joué dans la région par le barrage et plan d'eau de Merdjet Sidi Abed, mais également par les barrages de Boukadir et du Gargar.

Les deuxième et troisième secteurs ont trait à la vocation essentiellement rurale, à forte activité agricole, de la région. L'activité piscicole est également de mise du fait du potentiel socio-économique que présente cette activité dans la région,

Le secteur du tourisme est également pris en compte, du fait des possibilités réelles de développement de ce secteur: tourisme écologique lié à la présence de plans d'eau (activité aquatiques d'agrément, camping, etc.).

2-1 - INDICATEURS DE VULNERABILITE POUR LES SECTEURS PRIORITAIRES

De façon générale, un indicateur de vulnérabilité est une information, associée à un phénomène, permettant d'en indiquer l'évolution dans le temps, de façon objective, et pouvant rendre compte des raisons de cette évolution.

Un indicateur s'appuie sur une ou plusieurs séries de données. Plus la période couverte par les données n'est grande, plus les signaux du changement climatique peuvent être perçus et leurs effets mesurés.

C'est dans cet esprit qu'a été élaborée la liste potentielle des indicateurs de vulnérabilité de notre territoire d'étude. Cette liste est indicative. Elle peut être modifiée, améliorée, adaptée par les secteurs eux-mêmes qui disposent de la véritable expertise pour leur domaine de compétence.

2-1-1 RESSOURCES EN EAU

Sources : *Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement – Agence de bassin hydrographique – Agence Nationale des Barrages et Transferts – Agence Nationale des Ressources en Eau – Office National de la Météorologie – Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage – Station de barrage Merdjet Sidi Abed – Station INRAA de Hmadna*

Indicateurs

- Humidité du sol et disponibilité en eau
- Débit / écoulement
- Fréquence des flux extrêmes des oueds (haut et bas débit en valeurs annuelles)
- Niveau des cotes d'eau des retenues d'eau
- Recharge / stockage (annuel)
- Concentration annuelle de polluants dans les eaux douces (enrichissement organique, par exemple, nitrate, phosphate dans les rivières, lacs, eaux souterraines)
- Stress hydrique
- Consommation d'eau domestique (annuelle, saisonnière)
- Extraction à partir de sources d'eau de surface (volume annuel)
- Extraction à partir de sources souterraines (volume annuel)
- Irrigation (utilisation de l'eau d'irrigation ou de superficie totale irriguée)
- Consommation d'eau douce par habitat
- Gestion des bassins hydrologiques / gestion et protection des ressources d'eau douce
- Gestion des travaux de traitement de l'eau
- Réseau de traitement des eaux usées
- Gestion des crues d'oueds
- Contamination des bassins versants (exemple, densité des sorties d'égouts, incidents de pollution de l'eau douce, concentration des coliformes fécaux dans l'eau.
- Concentration dans l'eau de N, P, oxygène dissous, résidus de pesticides, ammonium et sédiments du sol

2-1-2 BIODIVERSITE ET FORET

Sources : *Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement – Conservation des Forêts – Protection Civile – Direction des Services Agricoles – Office National de la Météorologie – Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage – Direction de l'Industrie et des Mines – Direction la Pêche et des Ressources Halieutiques – Station du barrage Merdjet Sidi Abed – Station INRAA de Hmadna*

Indicateurs :

- Qualité des sols, Evolution
- Erosion des sols (préciser la mesure, exemple superficie des terres affectées par la dégradation des sols)
- Désertification (superficie annuelle)
- Taux de croissance de la forêt
- Feux de forêt
- Déforestation (superficie annuelle)
- Densité de bétail et pacage en zones vulnérables

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

- impact des carrières d'agrégat
- Migration des espèces animales et végétales
- Mitage des zones forestières
- Superficie de forêt de plantation
- Superficie annuelle des zones humides, forêts, pâturages (ou autres habitats menacés).
- Répartition des aires animales et végétales
- Biodiversité (comparaisons des espèces végétales chaudes relative à celle des espèces froides)
- Phénologie des plantes (durée de la saison de croissance)
- Espèces animales et végétales invasives
- Hivernage / survie d'espèces (exemple oiseaux)
- Perte de qualité et d'attractivité des paysages

2-1-3 AGRICULTURE ET PECHE

– **Sources :** *Direction des Services Agricoles – Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement – Direction la Pêche et des Ressources Halieutiques – Station INRAA de Hmadna – Office National de la Météorologie – Agence Nationale des Barrages et Transferts – Office Nationale d'Irrigation et Drainage – Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage.*

Indicateurs :

- Séquestration du carbone dans les sols agricoles
- Rendements annuels par hectare des principales cultures
- Irrigation (prélèvement et techniques)
- Adéquation des cultures
- Mitage des terres agricoles
- Production du bétail (quantité et poids)
- % des personnes travaillant dans l'agriculture (ou % du PIB)
- Superficie des terres arables
- Sensibilité des cultures aux ravageurs et aux maladies
- Utilisation (quantité) d'engrais (P et N) et de pesticides (fongicides, insecticides, herbicides, autres pesticides) par hectare de terre agricole
- Intensité de système d'exploitation, densité d'élevage de bétail, rotation des cultures, techniques pour réduire l'érosion des sols

2-1-4 TOURISME

Sources : *Direction de wilaya du Tourisme – Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement – Agence Nationale des Barrages et Transferts – Conservation des forêts – Protection civile – Station du barrage Merdjet Sidi Abed, communes limitrophes.*

Indicateurs

- Sécheresses / ressources en eau
- Augmentation des températures estivales
- Augmentation de la température de l'eau (baignade)
- maintien des plans d'eau au niveau des retenues d'eau
- Qualité des eaux naturelles de surface
- Sécurité des personnes
- Gestion des déchets
- Vulnérabilité des touristes aux risques naturels
- Gestion du flux touristique
- Superficie annuelle des zones humides, forêts, pâturages
- Perte de qualité et d'attractivité des paysages

2-2 - INTERACTIONS SECTORIELLES

Un angle opérationnel de prise en compte des interactions sectorielles est de considérer les activités sur un territoire comme le maillon d'une chaîne d'activités. Au niveau d'un territoire, les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation dans un secteur donné auront inmanquablement des conséquences pour les autres secteurs.

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

Tableau 13 : Conséquence des impacts du changement climatique sur un secteur, sur les autres secteurs.

	Eau	Biodiversité et Forêt	Agriculture et Pêche	Tourisme
Impacts du changement climatique sur l'eau, sur les autres secteurs		<p>Diminution de l'eau "verte" disponible</p> <p>Sensibilité accrue des végétaux</p> <p>Sensibilité aux feux de forêt</p> <p>Perturbation de la faune aquatique liée à la baisse de la ressource, au réchauffement de l'eau et à la pollution</p> <p>Impacts du stress hydrique sur la santé des peuplements</p>	<p>Cultures inadaptées</p> <p>Techniques d'irrigation inadaptées</p> <p>Baisse du rendement agricole</p> <p>Impacts négatifs du stress hydrique sur la santé animale et la production fourragère</p> <p>Baisse de la qualité de l'eau sur la population piscicole</p>	<p>Baisse du niveau d'eau dans la retenue et baisse de l'afflux des touristes (pêche, camping, etc.)</p> <p>Baisse de la qualité de l'eau sur la population piscicole et de l'attractivité du territoire</p>
Impacts du changement climatique sur la forêt et la biodiversité, sur les autres secteurs	<p>Erosion des bassins versant et envasement des barrages</p> <p>Effet sur le bilan hydrologique</p> <p>Prolifération d'algues et de pathogènes invasifs affectant la qualité de la ressource</p>		<p>Impacts sur l'agriculture des modifications phénologiques des végétaux et des ravageurs</p> <p>Impacts sur l'aquaculture et la pêche des perturbations des espèces aquatiques</p> <p>Risques pour les productions agricoles de la hausse des feux de forêt</p>	<p>Perte d'attractivité des paysages</p> <p>Perte d'attractivité des territoires</p> <p>Pertes d'espaces récréatifs</p> <p>Risques pour les touristes (produit de la pêche)</p>
Impacts du changement climatique sur l'agriculture et la pêche, sur les autres secteurs	<p>Besoin d'irrigation : pression accrue sur la ressource</p> <p>Besoin accru d'engrais et de pesticides : rejets dans l'eau</p> <p>Conflits d'usage de l'eau</p>	<p>Impacts des ravageurs sur les peuplements</p> <p>Impacts sur la biodiversité forestière de la migration des essences et de la recrudescence des feux de forêt</p> <p>Intensification du défrichage</p> <p>Impact de l'augmentation de l'élevage extensif</p>		<p>Eutrophisation des plans d'eau récréatifs</p> <p>Conflit d'usage sur l'eau (baisse du niveau d'eau des plans d'eau récréatifs)</p>
Impacts du changement climatique sur le tourisme, sur les autres secteurs	<p>Impacts sur la biodiversité de l'accroissement des flux touristiques</p>	<p>Impacts sur la biodiversité de la hausse du tourisme de pleine nature</p> <p>Risque de feux de forêt générés par les touristes</p> <p>Pressions accrues sur la ressource</p>	<p>Impacts de la surpêche</p> <p>Potentiel de développement de l'agrotourisme</p> <p>raréfaction de la main d'œuvre agricole</p>	

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

2-3 - LA MATRICE DE VULNERABILITE

	Eau	Biodiversité et Forêt	Agriculture et Pêche	Tourisme
Impacts du changement climatique sur l'eau, sur les autres secteurs		<p>Diminution de l'eau "verte" disponible</p> <p>Sensibilité accrue des végétaux</p> <p>Sensibilité aux feux de forêt</p> <p>Perturbation de la faune aquatique liée à la baisse de la ressource, au réchauffement de l'eau et à la pollution</p> <p>Impacts du stress hydrique sur la santé des peuplements</p>	<p>Cultures inadaptées</p> <p>Techniques d'irrigation inadaptées</p> <p>Baisse du rendement agricole</p> <p>Impacts négatifs du stress hydrique sur la santé animale et la production fourragère</p> <p>Baisse de la qualité de l'eau sur la population piscicole</p>	<p>Baisse du niveau d'eau dans la retenue et baisse de l'afflux des touristes (pêche, camping, etc.)</p> <p>Baisse de la qualité de l'eau sur la population piscicole et de l'attractivité du territoire</p>
Impacts du changement climatique sur la forêt et la biodiversité, sur les autres secteurs	<p>Erosion des bassins versant et engorgement des barrages</p> <p>Effet sur le bilan hydrologique</p> <p>Prolifération d'algues et de pathogènes invasifs affectant la qualité de la ressource</p>		<p>Impacts sur l'agriculture des modifications phénologiques des végétaux et des ravageurs</p> <p>Impacts sur l'aquaculture et la pêche des perturbations des espèces aquatiques</p> <p>Risques pour les productions agricoles de la hausse des feux de forêt</p>	<p>Perte d'attractivité des paysages</p> <p>Perte d'attractivité des territoires</p> <p>Pertes d'espaces récréatifs</p> <p>Risques pour les touristes (produit de la pêche)</p>
Impacts du changement climatique sur l'agriculture et la pêche, sur les autres secteurs	<p>Besoin d'irrigation : pression accrue sur la ressource</p> <p>Besoin accru d'engrais et de pesticides : rejets dans l'eau</p> <p>Conflits d'usage de l'eau</p>	<p>Impacts des ravageurs sur les peuplements</p> <p>Impacts sur la biodiversité forestière de la migration des essences et de la recrudescence des feux de forêt</p> <p>Intensification du défrichage</p> <p>Impact de l'augmentation de l'élevage extensif</p>		<p>Eutrophisation des plans d'eau récréatifs</p> <p>Conflit d'usage sur l'eau (baisse du niveau d'eau des plans d'eau récréatifs)</p>
Impacts du changement climatique sur le tourisme, sur les autres secteurs	<p>Impacts sur la biodiversité de l'accroissement des flux touristiques</p>	<p>Impacts sur la biodiversité de la hausse du tourisme de pleine nature</p> <p>Risque de feux de forêt générés par les touristes</p> <p>Pressions accrues sur la ressource</p>	<p>Impacts de la surpêche</p> <p>Potential de développement de l'agrotourisme</p> <p>raréfaction de la main d'œuvre agricole</p>	

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

Dans ce qui suit sont présentées les matrices de vulnérabilité des activités prioritaires identifiées : Eau, Biodiversité et Forêt, Agriculture et Pêche et Tourisme

La lecture de la matrice est aisée. Elle se présente en deux parties :

- La première sous la rubrique "générale" représente l'évaluation de la vulnérabilité du secteur envisagé au regard des principales manifestations du changement climatique
- La seconde partie traite de l'impact différencié du changement climatique sur l'activité considérée en relation avec les "milieux" en interaction avec lui.

Les milieux identifiés dans le cas de la région de Merdjet Sidi Abed sont : la plaine, la montagne, les vallées soumise à risque naturel, les espaces naturels, la Forêt et les zones urbaines.

L'évaluation se fait selon l'échelle qualitative suivante :

V Vulnérable	VV Très vulnérable	= Peu ou pas d'incidence	O Opportunité
---------------------	---------------------------	---------------------------------	----------------------

L'opportunité est évoquée lorsque l'incidence potentielle du changement climatique est susceptible d'influencer favorablement le secteur d'étude, en créant les conditions favorables à son évolution positive par exemple, l'élévation de la température moyenne d'un territoire susceptible d'accueillir un tourisme balnéaire est un facteur favorable à son expansion. De même, elle peut influencer sur le développement des cultures et permettre un accroissement des rendements.

Le second volet fournit les explications et commentaires des niveaux de vulnérabilité en relation avec la référence dans la matrice. Ces commentaires peuvent être de caractère général, documentés dans les références bibliographique ou spécifique, inspirés des appréciations portées par les services considérés.

Parfois, l'évaluation des niveaux de vulnérabilité peut comporter différentes appréciations concomitantes (**V** / **VV** / **=** / **O**). Cela tient au fait que l'appréciation est différente et révèle tout autant l'incertitude sur les projections régionales des différents modèles climatiques globaux que sur leur interaction avec le secteur considéré (Sogreah, 2010).

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

2-3-1 Matrice de Vulnérabilité : Ressources en eau

		Ressources en eau
Général		<p>V/VV Evolution du régime de précipitations [1] [3] [4] [5]</p> <p>VV Sécheresse [3] [1]</p> <p>VV Augmentation des températures moyennes et maximales [1] [5] [2]</p> <p>VV Augmentation de la température des cours d'eau et des retenues [3] [1]</p> <p>V du fait de la baisse des précipitations et de l'augmentation des températures : dégradation de la qualité de l'eau [3] [1] [7] [8]</p>
Milieu	Plaine	VV phénomènes extrêmes : risque d'inondation
	Montagne	VV Evolution du régime des précipitations, augmentation des températures moyennes et maximales [10] [1]
	Vallée soumise à risque naturel	VV Inondation [1] [10]
	Espaces naturels	VV Augmentation de la température des cours d'eau et des plans d'eau [7]
	Forêt	VV Augmentation de la température
	Urbain	VV Inondation par ruissellement urbain [6] VV Augmentation des températures moyennes et maximales, Evolution du régime des précipitations [9]

Explications – commentaires de la matrice de vulnérabilité

Référence dans la matrice	Niveau de vulnérabilité	Explication - commentaire
[1]	V/VV	<p>La baisse des précipitations impacte la quantité d'eau disponible. Les projections jusqu'en 2100 montrent une diminution globale des précipitations avec des écarts important dans la distribution des précipitations :</p> <p>hausse des précipitations en hiver et une forte diminution des précipitations en été, Ces changements de distribution des précipitations peuvent modifier la disponibilité de l'eau : en effet, la recharge des aquifères se fait en période de forte pluviométrie et de température plutôt basse ; et la présence d'eau dans les rivières est corrélée à la pluviométrie.</p>
[2]	VV	<p>Les résultats des modélisations qui ont été réalisées indiquent une tendance à une diminution probable des débits d'étiage durant les mois d'été à l'horizon 2100 sous les hypothèses des scénarios du GIEC ; cette diminution est principalement due à l'augmentation de l'évaporation avec la température. En hiver les résultats ne sont pas significatifs.</p>
	V/VV	
		Des impacts sont à attendre sur la qualité de l'eau et sur la fiabilité des sources d'eau (eau potable et eau à usage

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

[3]	VV	récréatif) du fait de l'augmentation de la température de l'eau, de la baisse des flux et donc de la moindre dilution des polluants
[4]	VV	L'intrusion d'eau de mer dans les aquifères en zones côtières pourra avoir un impact croissant sur la qualité de l'eau, dans certains cas rendant l'eau impropre à la consommation ou demandant des traitements supplémentaires
[5]	V	La demande domestique en eau serait légèrement croissante du fait de l'augmentation des températures, pour des usages tels que hygiène personnelle, arrosage, piscine, golf, etc.) ; avec des risques de conflits d'usage entre secteurs économiques.
	VV	La demande d'eau pour le secteur agricole (besoins en irrigation) augmenterait, si aucune adaptation (substitution de cultures par exemple) n'est réalisée.
[6]	VV	<p>Modification de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (précipitations, vent, températures) dont les conséquences observables sont liées au rôle de tampon joué par le milieu qui peut amplifier considérablement le signal climatique.</p> <p>Les phénomènes de ruissellement urbain auraient tendance à augmenter avec l'évolution du changement climatique. Peu de données sont disponibles sur ces phénomènes.</p> <p>Pour certains bassins, ils peuvent provoquer autant, sinon plus de dommages que ceux liés aux premiers débordements de crues en milieu urbain. L'artificialisation des sols et l'accroissement de la densité de population augmentent la vulnérabilité des villes au changement climatique.</p>
[7]	VV	<p>Avec l'augmentation de la température des écosystèmes aquatiques, certaines bactéries pourraient utiliser des mécanismes d'adaptation leur permettant de sélectionner des formes résistantes à ces nouvelles conditions d'habitats, et consécutivement deviennent plus pathogènes pour les individus qui les contractent.</p> <p>Afin de prévenir les risques sanitaires potentiels liés à une élévation de la température, il est donc nécessaire de renforcer le contrôle sanitaire de la qualité des rejets et des eaux situées en aval des points de rejets des effluents liquides (agglomérations urbaines, industries), notamment en cas d'utilisation d'eau brute superficielle pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ; et de fréquentation des zones de baignades et d'activités de loisirs nautiques.</p>
[8]	V	Une augmentation de la température de l'eau est propice, notamment au-delà de 25°C, à la prolifération des bactéries.

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

[9]	VV	<p>Les zones urbaines sont, de par la densité de population et les activités qui les caractérisent, particulièrement vulnérables à la problématique de qualité de l'eau, dont on anticipe une dégradation en lien avec le changement climatique.</p> <p>L'accroissement de la densité urbaine, combinée à des besoins en eau plus importants (fortes chaleurs) crée d'importantes tensions sur les ressources en eau et sur les systèmes qui fournissent les services d'eau et d'assainissement. Des coûts supplémentaires pour le traitement de l'eau sont à anticiper</p>
[10]	V/VV	L'impact du changement climatique sur les précipitations extrêmes est délicat à évaluer à partir de simulations de modèles climatiques. Il est cependant attendu une augmentation de la variabilité des précipitations, avec un impact sur les crues.

2-3-2 Matrice de Vulnérabilité : Biodiversité et Forêt

		Biodiversité et Forêt
Général		<p>V/VV Evolution du régime de précipitations [1] [3] [4] [5]</p> <p>VV Sécheresse [3] [1]</p> <p>VV Augmentation des températures moyennes et maximales [1] [5] [2]</p> <p>VV Augmentation de la température des cours d'eau et des plans d'eau [3] [1] [10] [11]</p> <p>V Du fait de la baisse des précipitations et de l'augmentation des températures, dégradation de la qualité de l'eau [3] [1] [7] [8]</p> <p>VV Les conséquences du changement climatique sur la forêt [6] [9] [10] [11]</p>
Milieu	Plaine	V/VV Evolution du régime de précipitations [1] [3] [4] [5]
	Montagne	VV Sécheresse
	Vallée soumise à risque naturel	V Erosion
	Espaces naturels	VV Sécheresse
	Forêt	VV Sécheresse
	Urbain	V Du fait de la baisse des précipitations et de l'augmentation des températures, dégradation de la qualité de l'eau

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

Explications – commentaires de la matrice de vulnérabilité

Référence dans la matrice	Niveau de vulnérabilité	Explication - commentaire
[1]	V/VV	<p>La baisse des précipitations impacte la quantité d'eau disponible. Les projections jusqu'en 2100 montrent une diminution globale des précipitations avec des écarts important dans la distribution des précipitations</p> <p>Ces changements de distribution des précipitations peuvent modifier la disponibilité de l'eau : en effet, la recharge des aquifères se fait en période de forte pluviométrie et de température plutôt basse ; et la présence d'eau dans les rivières est corrélée à la pluviométrie.</p>
[2]	V	<p>L'augmentation moyenne de la température bouleversera très probablement le fonctionnement de nos écosystèmes.</p> <p>En termes d'impacts sanitaires, les zones géographiques où l'on sera en présence ou à proximité d'eau, les zones littorales et le bassin méditerranéen notamment sont des territoires particulièrement sensibles, avec un risque de développement de bactéries aquatiques favorisées par l'élévation des températures de la mer ; et un risque d'évolution des biotopes favorable au développement de certains pathogènes et vecteurs</p>
[3]	V	<p>Il se pourrait aussi qu'avec l'augmentation de la température des écosystèmes aquatiques certaines bactéries utilisent des mécanismes d'adaptation leur permettant de sélectionner des formes résistantes à ces nouvelles conditions d'habitats, et consécutivement deviennent plus pathogènes pour les individus qui les contractent (événement probable).</p>
[4]	VV	<p>Des impacts sont à attendre sur la qualité de l'eau et sur la fiabilité des sources d'eau (eau potable et eau à usage récréatif) du fait de l'augmentation de la température de l'eau, de la baisse des flux et donc de la moindre dilution des polluants</p>
[5]	VV	<p>Avec l'augmentation de la température des écosystèmes aquatiques, certaines bactéries pourraient utiliser des mécanismes d'adaptation leur permettant de sélectionner des formes résistantes à ces nouvelles conditions d'habitats, et consécutivement deviennent plus pathogènes pour les individus qui les contractent.</p> <p>Afin de prévenir les risques sanitaires potentiels liés à une élévation de la température, il est donc nécessaire de renforcer le contrôle sanitaire de la qualité des rejets et des eaux situées en aval des points de rejets des effluents liquides (agglomérations urbaines, industries), notamment en cas d'utilisation d'eau brute superficielle pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ; et de fréquentation des zones de baignades et d'activités de loisirs nautiques.</p>

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

[6]	VV	<p>Les conséquences du changement climatique s'annoncent importantes pour la forêt et la filière économique forêt-bois. Les écosystèmes forestiers sont vulnérables à la fois aux risques d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des perturbations (sécheresses, insectes, incendies) induits par le changement climatique et à l'évolution du climat moyen (augmentation des températures, modification du régime des précipitations), avec des effets différenciés selon les essences et des effets de seuil importants.</p>
[7]	V	<p>Le changement climatique peut se traduire par une modification de l'aire de répartition des essences notamment extension de l'aire de distribution potentielle d'un grand nombre d'essences typiques de la zone méditerranéenne vers le nord. On estime cependant que la plupart des essences forestières auront des difficultés à migrer assez rapidement car le climat évolue à un rythme sans précédent et les obstacles aux migrations sont importants. Or la productivité des peuplements maintenus hors de leur aire de répartition potentielle est plus faible et leur vulnérabilité aux chocs (incendies, maladies, etc.) est plus élevée</p>
[8]	VV	<p>Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses d'été a un impact majeur sur les forêts : augmentation de la mortalité des forêts, réduction de la résilience et conséquences importantes sur l'écosystème dans son ensemble, bien que celles-ci soient encore mal comprises.</p> <p>En lien avec les sécheresses, le risque incendie devrait augmenter en zone méditerranéenne (où il est déjà important) et apparaître dans des zones aujourd'hui épargnées.</p>
[9]	VV	<p>Une évolution des principales maladies affectant les arbres forestiers est à prévoir, avec une extension des aires de distribution des parasites thermophiles, et l'apparition de nouvelles maladies. La colonisation par certaines espèces parasites de nouvelles zones géographiques, en lien avec l'extension de leurs aires bioclimatiques potentielles, pourrait les mettre en contact avec des espèces hôtes n'ayant encore jamais eu de contact avec ces parasites et potentiellement très sensibles.</p>
[10]	V	<p>L'augmentation moyenne de la température bouleversera très probablement le fonctionnement de nos écosystèmes. En termes d'impacts sanitaires, les zones géographiques où l'on sera en présence ou à proximité d'eau, les zones littorales et le bassin méditerranéen notamment sont des territoires particulièrement sensibles, avec un risque de développement de bactéries aquatiques favorisées par l'élévation des températures de la mer ; et un risque d'évolution des biotopes favorable au développement de certains pathogènes et vecteurs</p>
[11]	V	<p>Il se pourrait aussi qu'avec l'augmentation de la température des écosystèmes aquatiques certaines bactéries utilisent des mécanismes d'adaptation leur permettant de</p>

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

		sélectionner des formes résistantes à ces nouvelles conditions d'habitats, et consécutivement deviennent plus pathogènes pour les individus qui les contractent (événement probable).
--	--	---

2-3-3 Matrice de Vulnérabilité : Agriculture et Pêche

		Agriculture et Pêche											
Général		<p>Pour toutes les pratiques agricoles potentiellement</p> <p>VV/V/=/O Augmentation des températures moyennes/maximales de l'air [1] [12] [13] V/VV/=/O Augmentation de la concentration en CO2 [1] [2] [9] VV Evolution du régime de précipitations et sécheresse [3] 14] [12] VV/V Ravageurs et insectes [5] V Mouvement de terrain [6] Grandes cultures VV/V Augmentation des températures moyennes/maximales de l'air [1] V/=/O Augmentation de la concentration en CO2 [3] [7] VV Sécheresse [4] [7] Elevage VV Vagues de chaleur, sécheresse [8] [9] V Augmentation des températures moyennes/maximales de l'air [1] VV Extrêmes climatiques [10] [12] VV Sécheresse [13] Autre VV Sécheresse et production</p>											
	Milieu	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Plaine</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Montagne</td> <td> O/= Augmentation des températures moyennes [11] [13] [14] O/= Augmentation de la concentration en CO2 [11] VV Sécheresses [11] [12] V Aléas gravitaires [6] VV Inondation [1] [10] [11] </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Vallée soumise à risque naturel</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Espaces naturels</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Forêt</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Urbain</td> <td>/</td> </tr> </table>	Plaine	/	Montagne	O/= Augmentation des températures moyennes [11] [13] [14] O/= Augmentation de la concentration en CO2 [11] VV Sécheresses [11] [12] V Aléas gravitaires [6] VV Inondation [1] [10] [11]	Vallée soumise à risque naturel	/	Espaces naturels	/	Forêt	/	Urbain
Plaine	/												
Montagne	O/= Augmentation des températures moyennes [11] [13] [14] O/= Augmentation de la concentration en CO2 [11] VV Sécheresses [11] [12] V Aléas gravitaires [6] VV Inondation [1] [10] [11]												
Vallée soumise à risque naturel	/												
Espaces naturels	/												
Forêt	/												
Urbain	/												

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

Explications – commentaires de la matrice de vulnérabilité

Référence dans la matrice	Niveau de vulnérabilité	Explication - commentaire
[1]	VV/V/=/O	Les effets du changement climatique sont très localisés et varient d'une culture à l'autre. Il est donc difficile de tirer des conclusions globales. A l'horizon fin de siècle, le seuil de +3°C en dessous duquel des effets positifs du changement climatique sur l'évolution des rendements seraient observés en zone tempérée (GIEC, 2007), serait atteint dans plusieurs scénarios du GIEC. Au delà de 4°C, on observerait des impacts négatifs partout.
	O/=	D'après GIEC (2007), des effets positifs ou modérés sur les rendements agricoles pourraient être observés en zone tempérée si l'augmentation des températures reste inférieure à +3°C
[2]	VV/V/=	L'effet « positif » de l'élévation de la concentration en CO2 dans l'atmosphère sur la croissance des plantes pourrait être compensé par des températures trop élevées (seuils d'échaudages) et un déficit hydrique accentué.
	V	L'accélération du cycle végétatif pourra par ailleurs entraîner des effets négatifs sur le remplissage et la qualité des grains.
	O	L'augmentation de la photosynthèse en raison de la présence accrue de CO2 dans l'atmosphère et l'allongement des périodes de végétation, pourront avoir des effets modérément positifs sur la productivité des grandes cultures dans certaines régions, au moins jusqu'au milieu du siècle. Toutes les cultures ne répondent pas de la même façon à cette évolution : les plantes en C3 (céréales à paille, colza, tournesol, soja...) sont plus réceptives que les plantes en C4(sorgho, canne à sucre ou maïs)
[3]	VV	Une multiplication des épisodes de sécheresses et canicules engendrera des pertes significatives pour le secteur. Les conditions météorologiques extrêmes, comme les vagues de chaleur et les épisodes de sécheresse, seront à l'origine de fortes perturbations de la production, notamment pendant les phases critiques du développement des végétaux.
	V	De manière générale, la plus grande variabilité interannuelle et saisonnière des précipitations devrait avoir diverses conséquences négatives
	V/VV	Des canicules et des sécheresses plus fréquentes et plus intenses pourraient, dès le moyen terme, engendrer des pertes de rendements significatives.
	VV	En raison de la baisse de disponibilité de la ressource en eau, la problématique de sa répartition entre les usages deviendra centrale pour le secteur, l'agriculture étant largement tributaire de l'irrigation

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

[4]	V	On observerait une exacerbation des conflits d'usage entre les secteurs (agriculture, tourisme, industrie...) avec la nécessité de trouver de nouvelles synergies entre les utilisateurs de l'eau
[5]	V	Le changement climatique entrainerait une évolution (extension, remontée vers le nord) de l'aire de répartition de certains bioagresseurs ; l'augmentation des températures favorisant par ailleurs leur survie en hiver
[6]	V	Les mouvements de terrains pourraient entrainer une dégradation des terres cultivées. En montagne, la recrudescence d'aléas gravitaires peut générer un risque pour les terres agricoles.
[7]	VV/V	Les effets du changement climatique sur les grandes cultures seront différenciés selon la culture, la localisation et l'ampleur des évolutions. A titre d'exemple, l'effet « positif » de l'augmentation de la concentration en CO ₂ et des températures ne vaut que jusqu'à un certain seuil, celui-ci étant plus faible pour le blé que pour le maïs (phénomène d'échaudage).
	VV	La multiplication et la hausse d'intensité des sécheresses peuvent remettre en cause la viabilité de cultures fortement dépendantes de l'irrigation, telles que le maïs.
	O	Effets de l'augmentation de CO ₂ positif sur le rendement de maïs, un peu moins pour le rendement de blé, et ce jusqu'à un certain seuil d'augmentation des températures
[8]	VV	Le changement climatique aura des impacts d'ordre sanitaire sur l'élevage - maladies transmises par des vecteurs notamment-, avec pour conséquence une réduction de l'ingestion et de la production des animaux
	V	Le réchauffement et les phénomènes extrêmes, comme les vagues de chaleur, exerceront un effet direct sur la santé des animaux ainsi que sur la reproduction.
[9]	VV	On observera des effets indirects découlant de changements dans la productivité des pâturages et des cultures fourragères. Il est probable que les incidences soient extrêmement négatives pour les systèmes de pâturage extensifs qui sont directement tributaires des conditions climatiques pour l'approvisionnement en eau et l'hébergement
	O/=	A moyen terme, les impacts du changement climatique sur les prairies pourraient rester modérés, sous l'effet positif sur la photosynthèse de l'élévation de la concentration en CO ₂ dans l'atmosphère.
	V	Néanmoins, des épisodes de sécheresse et canicules plus fréquents engendreront, dès le moyen terme, des dommages potentiellement importants.
[10]	V	Les arbres fruitiers pourraient être exposés à des risques de gel accrus au moment de la floraison (plus précoce), pour l'abricotier et le pêcher notamment.
	V/=	Les arbres fruitiers pourraient être exposés à des risques de gel accrus au moment de la floraison.

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

[11]	V	Des modifications potentielles des relations plantes parasites sont également observées depuis plusieurs années avec un développement des dégâts dus aux ravageurs
	=/V	Les impacts mentionnés pour l'horizon long terme pourraient être observés dès le court/moyen terme. Ainsi, on observe déjà une avancée des stades (floraison plus précoce) et des évolutions dans le cycle de reproduction des ravageurs (pour la carpocapse notamment, on constate, dans certaines communautés, l'apparition d'une troisième génération de l'insecte, alors que celui-ci se limitait auparavant à deux cycles par an).
[12]	VV	Les phénomènes extrêmes (sécheresses, tempêtes, inondations...) représentent un risque majeur pour les cultures pérennes puisqu'ils peuvent faire sentir leurs effets sur la capacité de production pendant plusieurs années
[13]	VV	La sécheresse sévère associée à la chaleur entraîne une diminution des rendements, avec des conséquences sur la capacité de l'arbre à résister au froid pendant l'hiver suivant
[14]	VV	La production de légumes est très dépendante de la disponibilité des ressources en eau.
	VV	Des stress mineurs causés par des températures en dehors de la fourchette optimale peuvent perturber la production de légumes
[15]	O/=/V	Il existe un seuil jusqu' auquel on observe une corrélation positive entre températures et augmentation des rendements.
[16]		L'avancée des stades et l'élévation des températures déjà observées pendant la phase de maturation devraient s'accroître avec le changement climatique.
	VV	Cette avancée des stades phénologiques, peut entraîner des pertes consécutives à des pluies chaudes en août et septembre

2-3-4 Matrice de Vulnérabilité : Tourisme

		Tourisme
Général		<p>V/=/O Augmentation des températures moyennes de l'air [1]</p> <p>V/VV Sécheresse [3]</p> <p>V Augmentation de la température des cours d'eau et lacs [3] [6]</p> <p>VV Diminution de l'enneigement [7]</p> <p>O Augmentation de la température moyenne de l'air [1] [2]</p> <p>V Inondation [4]</p> <p>V/VV Sécheresse [3]</p> <p>V Augmentation de la température de l'eau [6]</p> <p>V Erosion de la biodiversité, perte de qualité des</p>

Chapitre IV : Etude de la vulnérabilité

		paysages [5] ✓ Feux de forêts [4]
Milieu	Plaine	
	Montagne	
	Vallée soumise à risque naturel	
	Espaces naturels	
	Forêt	
	Urbain	

Explications – commentaires de la Matrice de Vulnérabilité

Référence dans la matrice	Niveau de vulnérabilité	Explication - commentaire
[1]	V/=O	Des températures estivales trop élevées dégraderaient le confort des touristes en été, avec des effets de redistribution des flux touristiques à prévoir. Il est néanmoins difficile de tirer des conclusions en termes de fréquentation (le climat étant un facteur de choix de destination parmi d'autres, qu'il est difficile d'isoler).
[2]	V/VV	La baisse de disponibilité de l'eau et les sécheresses pourraient entraîner une concurrence sur l'usage de l'eau, avec de nouvelles synergies à trouver entre les acteurs. La consommation d'eau pour le tourisme est relativement modeste mais intervient à la période où l'eau est la plus rare.
[3]	VV	On peut anticiper une aggravation de la vulnérabilité de la santé humaine et du tourisme due aux événements extrêmes (canicules, inondations, risques côtiers, feux de forêt...)
	VV	Les touristes sont particulièrement vulnérables aux risques naturels, pour plusieurs raisons : culture du risque différente, moindre accès à l'information sur les risques et les procédures d'urgence (notamment du fait de barrières linguistiques) ; et infrastructures particulièrement exposées et vulnérables
[4]	V	Risque de feux de forêts est aggravé avec le changement climatique, avec des conséquences sur la sécurité des personnes, mais aussi l'attractivité des paysages.
[5]	V	On pourrait observer des impacts sur les activités touristiques du fait de l'érosion de la biodiversité et de la perte de qualité des paysages (notamment pour l'écotourisme).
[6]	V	Une augmentation de la température de l'eau est propice, notamment au-delà de 25°C, à la prolifération des bactéries.
[7]	VV	Néanmoins, des épisodes de sécheresse et canicules plus fréquents engendreront, dès le moyen terme, des dommages potentiellement importants. Une diminution de l'enneigement influée sur le tourisme balnéaire

CONCLUSION GENERALE

Pour le territoire de la Merdjet Sidi Abed il s'est agi, à partir des enseignements tirés de cette étude, d'identifier les principaux enjeux de l'adaptation de ce territoire et de formuler de grandes orientations et mesures d'adaptation.

Il s'agit, de renforcer la prise en compte du changement climatique avec, notamment, une orientation transversale : « Anticiper les effets du changement climatique par une gestion intégrée et équilibrée du territoire ».

En Algérie, des pratiques d'adaptation sont déjà utilisées, car les épisodes de sécheresse, d'inondation, d'augmentation anormale de température de l'air se manifestent continuellement. Ces actions doivent être intégrées dans une politique globale d'adaptation du pays, du fait que les initiatives d'adaptation qui seront prises dans ce secteur auront des conséquences importantes dans plusieurs autres secteurs, (Agoumi, 2003).

La dimension stratégique et vitale de l'eau caractérisée par la rareté et la pénurie impose une politique de mobilisation maximale et d'exploitation rationnelle de cette ressource. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la sécurité de la population et de l'économie du pays dont il importe de pourvoir aux besoins tant il est vrai que la sécurité hydrique est intimement liée à la sécurité économique, sanitaire et écologique et à la sécurité alimentaire en particulier.

Les changements et les imprévus climatiques vont rendre la gestion des bassins versants de plus en plus difficile. Une action rapide destinée à adapter le territoire au changement climatique sera beaucoup moins coûteuse que les dommages qui résulteront de ce phénomène. En ce qui concerne les effets pour lesquels les projections sont suffisamment fiables, l'adaptation doit donc commencer dès maintenant.

BIBLIOGRAPHIE

Agoumi A., Hassani M.I., Henia L., Mokssit A., 1998. Changement climatique et ressources en eau dans les pays du Maghreb: enjeux et perspectives. Publication, Projet maghrébin sur les changements climatiques (RAB/94/G31), 53 p., PNUD coordination régionale - Rabat.

A.N.R.H/ Energoprojekt, 2009. Réalisation de la Carte des Ressources en Eau Souterraine du Nord de l'Algérie. Agence nationale des Ressources Hydrauliques/Energoprojekt, Alger, 2009.

Arrus R., Rousset N. 2006 L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques? Tripoli, Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale. Groupe Energie et Politiques de l'Environnement, 10 p.

BEOGRAD 1967 Etude de l'irrigation des grands périmètres Algériens périmètre du bas Chélif.

Boulaine J., 1957. Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse d'Etat de l'Université d'Alger, 582 p.

Benhiba. N et Khafif A 2009, Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Bouchoucha. Mouhamed 2003, Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Chernoune H. 2013, Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Daoud 1993 Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif le phénomène de salinisation. INA1993.

Douaoui A. 2005. Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct. d'Etat, INA-Alger. 230 p.

DREE . Direction des Ressources en Eau et de l'Environnement de la wilaya de Relizane. Divers documents.

Dessai S. and Hulme M. (2004) Does climate adaptation policy need probabilities? Climate Policy 4 : 107 –128.

Djamel Boucherf rapport (ONM),

Giec, 2001. Le second document incontournable est l'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) « Changements climatiques 2001 : Rapport de synthèse » (<http://www.ipcc.ch>).

Giec, 2007. "Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse. SNHYC11.

Hassani M. I., 2008. Evolution récente du climat et ressources en eau en Algérie. Publication, Projet ARCE/Observatoire sur les changements climatiques, 46 p., Oran.

INSID, 2008. Le point sur la salinité des sols dans les périmètres irrigués : Risques et Recommandations. (Cas du périmètre irrigué du Bas Cheliff). Institut national des sols de l'irrigation et du drainage.

Krim. H. et Cheraitia M. 2001. Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur.

Mac Donald et Bneder, 1990.: Etude de l'avant projet détaillé des extensions de guerouaou et de Sabkhat Ben ziane et de réaménagement du bas Chélif.

Mahi T., 2008. "Impact du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques du Maghreb. les notes d'alerte du CIHEAM n°48.

Mokhtarian P., Raney E. & Salomon I., 1997 Behavioral response to congestion: identifying patterns and socio-economic differences in adoption", Transport Policy, vol. 4, n° 3, p. 147-160.

Mansour D. 2005, Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

M.R.E.E, 2010. Actualisation du plan national de l'Eau, Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement / Sofreco, Alger.

PNUD, 2009. Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. PNUD. Algérie, 19 p.

Sogreah/Sogera (1985) Etudes rapports et cartes du bas Chélif 03 Septembre 2015

Sogreah Guide d'accompagnement du territoire pour l'analyse de sa vulnérabilité socio économique au changement climatique, Sogreah consultants, 183 P, Paris.

Soltana S. et Larabi H. 2013, Université d'Oran: Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Seltzer P., 1946. 'Le climat de l'Algérie'

Taibi S., 2015. Analyse de la vulnérabilité de l'agriculture dans la wilaya de Mostaganem. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master. Université Oran 2.

USAID/COMFISH, 2011. Guide Méthodologique pour L'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique au civeau communautaire. Project Penco GEF. Septembre 2011

Yahiaoui I. Evaluation de la dynamique spatiale de l'occupation du sol dans la plaine du Bas – Cheliff (Algérie).

ANNEXE 1

1 Convention de Ramsar :

La Convention sur les zones humides, signée à Ramsar, en Iran, en 1971, est un traité intergouvernemental qui sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. La Convention a, actuellement, 160 Parties contractantes qui ont inscrit 1918 zones humides, pour une superficie totale de 187 millions d'hectares, sur la Liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale.

2 Définition d'une zone humide au sens la convention Ramsar :

Les zones humides sont : «des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres».

3 Utilisations et ressources des zones humides :

- Les zones humides sont des réservoirs de biodiversité abritant de nombreuses espèces animales et végétales, leur permettant de se reproduire, se nourrir et se mettre à l'abri.
- Les zones humides jouent un rôle de régulation des flux d'eau en amont d'un bassin versant. Elles permettent ainsi de limiter ou éviter les effets des crues, de recharger les nappes souterraines, etc.
- Les zones humides permettent l'autoépuration des eaux usées. En effet, certaines espèces végétales des zones humides ont la capacité de retenir certains métaux lourds ou des pesticides, épurant ainsi les eaux. Mais ces espaces ont également la faculté de transformer l'azote et le phosphore.
- On peut aussi accorder aux zones humides des fonctions sociales et culturelles. Ce sont des lieux de loisirs, de détente, de grande qualité paysagère.

Un **écosystème** comprend un [milieu](#), les [êtres vivants](#) qui le composent et toutes les relations qui peuvent exister et se développer à l'intérieur de ce système.

L'**écosystème** est la plus grande unité d'étude de l'écologie, elle peut même s'appliquer à la terre qui peut être considéré comme le plus gros **écosystème** terrien contenant toute la vie sur la planète terre.

Un écosystème est composé de deux éléments la biocénose qui est l'ensemble des [êtres vivants](#) et le [biotop](#)e qui est le [milieu](#). L'**écosystème** est un ensemble de vie équilibré, autonome, stable et complexe.

1-10-Définition du microclimat :

Le microclimat désigne généralement des conditions **climatiques** limitées par des modifications du climat en général sous l'effet de différences locales: d'altitude, pente, ombres portées, présence/absence d'eau, vent végétations, etc.....

4-Le lac et son parc naturel (foret) : La zone du lac est composée de deux écosystèmes différents :-un écosystème

Lenticule(le lac) et un écosystème

Forestier (la forêt). Les deux écosystèmes

Dans leur ensemble sont formés d'un milieu

De vie pour plusieurs espèces faunistiques et floristiques.

La zone du lac souffre de la mal exploitation de l'homme : par exemple l'abatage des arbres et la pêche pendant le pullulement des poissons.



A - 6- Faune et Flore du lac :

Le lac est une niche écologique pour plusieurs espèces faunistiques et floristiques.

1-La faune:

Les oiseaux migrateurs : On trouve certaine sortes d'oiseaux qui fréquentent ce lac au moment ou l'eau est a son plus haut niveau surtout en hiver. On distingue :



Les poissons :

On trouve deux sortes de poisson.

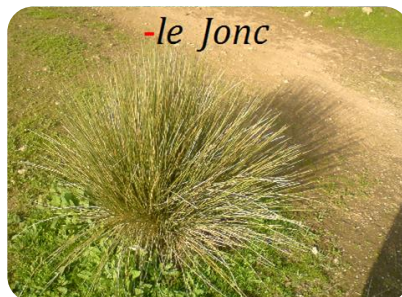


Il existe aussi d'autres sortes d'animaux comme :



2-La flore:

On trouve trois espèces de plantes :



LA CARPE

Carpe Herbivore Carpe à Grande bouche Carpe Argentée

Température : 15 °C - 25°C

Taux D'O2 : Idéal 5 mg/l

Salinité : eau douce et tolère les eaux saumâtres

Reproduction: A lieu à une température de 25 °C

Régime alimentaire :

- + Carpe argentée : phytoplancton.
- + Carpe herbivore :
 - > A la naissance : phytoplancton
 - > A 2 ans elle devient Omnivore
- + Carpe à grande bouche : Zooplancton

Croissance :

- > 01 kg en 02 saisons
- > 03 kg en 03 saisons

Type d'élevage : extensif ou semi - intensif en polyculture associée à d'autres espèces comme le Mulet et Tilapia et peut être associé à un élevage de volaille.

L'élevage intensif se fait en monoculture.

L'ANGUILLE

Température :

- > Le 1^{er} stade d'élevage se fait à 25 °C – 26°C
- > La phase de grossissement se fait à 22°C – 25°C

Taux d'O2 :

- > Le taux idéal : 3-6 mg/l
- > Le taux minimum : 2-2.35 mg/l
- > Le taux maximum : 7-8 mg/l

Salinité : 0 ‰ à 36 ‰, les civelles (petite Anguille) préfèrent les eaux douces ou faiblement salées.

Régime alimentaire :

L'anguille se situe au même niveau que l'homme sur la chaîne alimentaire et nécessite des protéines de bonne qualité .

Croissance : la taille marchande à 15 mois est de :

- 100 à 200 g pour le mâles
- 300 à 400 g pour les femelles

Type d'élevage : la ponte à lieu en mer et les juvéniles migrent en eau douce jusqu'à maturité

L'élevage extensif se fait en polyculture avec le loup et le mulot.

LE SANDRE

Température : 22°C à 24°C

Taux d'O2 : vit dans eaux bien oxygéné

Salinité : 0.9 ‰*

Reproduction : A lieu entre 10°C à 12°C

Régime alimentaire : poisson carnivores préférant les tanches plus gardon ou la pêche soleil .

Croissance :

- 350 g en 23 saisons
- 1.2kg en 3 saisons

type d'élevage : vit à l'écart des zones de végétation et en profondeur dans des eaux calmes.

POISSON CHAT

Température : entre 25°C et 27°C

Taux d'O2 : 2mg/l en élevage à coute durée , la croissance se fait à 4.5mg/l

Salinité : eau douce

Reproduction :

- A lieu en profondeur sur gravier ; racines ...ect
- A une' température allant de' 22°C à 24 °C

Régime alimentaire : Carnivore vorace opportuniste (poisson, crustacé, jeune rat musqué) mais ne ravage pas le milieu ou il est introduit.

Croissance :

- 500 g à 200 g en 2 saisons
- 2 kg à 3 kg en 3 saisons

Type d'élevage : intensif en cage flottante « actif nuit »

LE TILAPIA (البطي)

Température : Ne supporte pas les températures inférieures à 10°C

Taux d'O₂ : peut survivre avec moins de 1 mg/l le taux idéal est supérieur de 2mg/l.

Salinité : s'adapte à une large gamme de salinité allant de l'eau douce à l'eau de mer à 35‰

Reproduction : la ponte se fait de 6 semaines à 2 mois à une température supérieure à 20.

Régime alimentaire : Omnivore

Croissance :

- 450 g en 8 mois
- 850 g en une année dans les meilleures conditions

Type d'élevage : l'espèce est élevée en polyculture avec des Carpe, Mulet et parfois avec des carnivores en système intensif.

Les espèces les plus utilisées en élevage sont : *Oreochromis* en particulier *Oreochromis niloticus*

LE MULET (البوري)**Température :**

- Température létale : 2°C à 3°C
- Température idéale : 15 °C à 26 °C

Reproduction : A lieu en Août et septembre pour le Mugil cephalus et en Hiver pour Liza ramada

Régime alimentaire : Herbivore et détritivore, les compléments de nourriture peuvent être apporté sous forme de déchets de céréale ou de son de riz

Croissance :

- 250 g à 300 g en 10 à 12
- 700 g à 800 g en 24 mois

Type d'élevage : L'élevage se fait en polyculture avec d'autre espèce Herbivore : Carpe , Anguille , Loup , Tilapia , Teuite arc – en- ciel ...etc