

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Faculté : Science de la Terre et de l'Univers

Département : Géographie et Aménagement du Territoire

Mémoire de Master

Specialité : Hydroclimatologie et territoire

**Impact du changement climatique sur les ressources en
eau dans la ville d'El-Bayadh**

Réalisé par :

- Akhdari Ahmed
- Bacha Ahmed Belkacem

Devant le jury composé de :

Président :	Senhaddji.H
Examineur :	Gourine.F
Rapporteur :	Diaf.A

Année universitaire: 2020/2021

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit de la combinaison d'efforts de plusieurs personnes. Tout d'abord nous remercions Dieu tout puissant qui par sa grâce nous a permis d'arriver au bout de nos efforts en nous donnant santé et force, courage et nous faire nous entourer de gens extraordinaires que je tiens à remercier.

Nous remercions:

Le chef département de géographie et aménagement de territoire, Professeur **Mme Gourine** Pour ses multiples conseils et ses efforts pour assurer la qualité de la formation;

Notre Directeur de mémoire, **Mme Dhiab** et et le professeur **M.Caid** pour ses encadrement sans faille, ses soutien moral, ses rigueur au travail, ses multiples conseils, ses orientations et sa disponibilité malgré ses multiples occupations ;

Tous les enseignants de cette département , pour leurs enseignements de qualité et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre itinéraire académique jusqu'à présent ;

Nos amis et membres de la famille pour leur soutien continu, pour leurs aides et encouragement multiples ;

Nos camarades, amis et connaissances

Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

Sommaire

Titre	Page
INTRODUCTION GENERALE	03
PROBLEMATIQUE	04
CHAPITRE 01 : Cadre conceptuel	
1. Le changement climatique	06
1.1. Changements naturels du climat	06
1.2. Réchauffement climatique	07
2. Effets des changements climatiques sur la végétation	11
2.1. Le régime des températures	13
2.2. La sécheresse	15
3. L'écosystème steppique en Algérie	16
3.1 Cadre physiographique	18
3.2 Cadre édaphique	19
3.3 Cadre climatique	19
3.4 Cadre socio-économique	20
3.5 Formations végétales	20
CHAPITRE 02:Présentation de la ville d'EL-Bayadh	
Introduction	23
2.2 Situation du la zone d'étude	23
2.3 Géomorphologie	25
2.4 Vegetation	26
2.5 Géologie	26
2.6 Climat	27
2.6.1 Cadre climatique	27
2.6.1.1 Les données brutes	28
2.6.1.1.1 Les données thermiques	28
2.6.1.1.2 Les données pluviométriques	28
2.6.1.2- Les données synthétiques	29
2.6.1.2.1 Climagramme d'Emberger	31
2.6.2 Les phénomènes secondaires	34
2.6.2.1 Les vents	34
2.6.2.2 Les gelées	34
2.6.2.3 L'enneigement et la gelée blanche	34
2.7 Hydrologie de la zone	34
2.8 Ddonnees hydrographiques	35
2.9 Situation actuelle de la zone d'étude	36
2.9.1 Description de la zone d'étude	36
2.9.2 Historique des inondations de la ville d'El Bayadh	40
2.9.3 Analyse des inondations de la ville d'El Bayadh par	41
Conclusion	45
CHAPITRE 03:Impact de changement climatique sur les ressources en eau	

3.1.POTENTIALITES EN RESSOURCES HYDRIQUES	47
3.1.1 Calcule des differents Parametres climatiques	50
3.1.2 Resultats et discussion	51
3.1.3 L'analyse des résultats	52
3.2 Des solutions a envisager	55
CONCLUSION GENERALE	56

Liste des figures

Figure	Page
Figure 1- Évolution de la température globale depuis 1850 (GIEC 2007)	07
Figure 2 - Réchauffement de l'atmosphère et de la surface de la terre (Taureau 2015)	08
Figure 3 - Emissions mondiales de gaz à effet de serre (GIEC 2007)	09
Figure 4 - Evolution attendue de la température selon les scénarios RCP (GIEC 2013)	10
Figure 5 - Evolution attendue de la température et des précipitations dans la région méditerranéenne à l'horizon 2100 selon le scénario du « GIEC » (GIEC 2007)	11
Figure 6 - Pluviométrie annuelle dans la région d'El Bayadh (1875-2005) (Aïdoud et al.2011)	12
Figure 7 - Changement du couvert végétal des espèces pérennes et éphémères dans la steppe d'Alfa de 1976 à 2010 (Aïdoud et al. 2011).	13
Figure 8 - Température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie durant la période 1950- 2005 (ONM 2009).	14
Figure 9 - Cumuls pluviométriques annuels d'une station du Sud algérois et d'une station du Sud oranais de 1907 jusqu'à 2003 (Hireche et al. 2007).	16
Figure 10 - Spatiocarte de la zone steppique algérienne (Asal 2013).	17
Figure 11 - Limites naturelles de la steppe algérienne (Le Houerou et al. 1977).	18
Figure 12 - Carte d'occupation des terres de la steppe algérienne Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS 2010)	21
Figure 13 – Situation géographique de La wilaya d'Elbayadh	23
Figure 14 - Communes limitrophes de la ville d'El Bayadh	24
Figure 15 -Situation géographique de la ville d'El Bayadh	25
Figure 16: Cumuls pluviométriques annuels de la région d'El-Bayadh de 1907-2003	29
Figure 17 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'El-Bayadh (2020)	32
Figure 18 : Climagramme d'Emberger de la région d'El-Bayadh (1994-2018)	33
Figure 19 - Carte de protection	36
Figure 20 : Superposition du réseau hydrographique hiérarchisé du bassin versant de l'oued deffa sur une ortho image Alsat-2A prise sur El Bayadh et ses environs (ASAL)	42
Figure 21 : Détection de la zone inondée par l'identification de traces d'humidité de part et d'autre de l'oued Deffa, grâce à une analyse diachronique des images Alsat-2A, prises avant les inondations (ASAL)	42
Figure 22 : Vue globale de la zone inondée (ligne rouge en pointillé) superposée sur	43

une image Alsat-2A (© ASAL)	
Figure 23 : Impact de l'inondation visible sur les images du satellite Kompsat (© KARI)	43
Figure 24 : Impacts de l'inondation identifiés sur les images du satellite Kompsat (©KARI), matérialisés par la destruction de deux passerelles (cercle en jaune).	44
Figure 25 : La délimitation de la zone inondée réalisée à partir des Images du satellite Worldview-2	44
Figure 26 : Ressources et infrastructures hydrauliques dans la wilaya d'El-Bayadh	49

Liste des Tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles, maxima et minima de la région d'El-Bayadh(2020).	28
Tableau 2 : Précipitations mensuelles de la région d'El-Bayadh en 2008	29
Tableau 3 : précipitations moyennes de la région d'El-bayadh (1994-2018)	32
Tableau 4 : Caractéristiques du B.V d'Oued Deffa, à l'exutoire de la zone d'étude	35
Tableau 5 :Historique des inondations de 1994 à 2011 dans el bayadh	40
Tableau 6 : Ressources et mobilisation des eaux	48
Tableau 7 : Principales stations météorologiques de référence de la région d'étude	50
Tableau 8 : Les indicateurs à calculer sont comme suit	50
Tableau 9 : Comparaison des données et indices climatique entre les deux périodes d'étude dans les stations	51

Liste des Photos

Titre	Page
Photo 1 : Oued Saffiet en amont de l'Oued Deffa	37
Photo 2 : Pont sur Oued Saffiet avec charriage	37
Photo 3 : Pont menant vers Tiaret entrée de la ville avec une conduite d'AEP	37
Photo 4 : Quartier Grabba	38
Photo 5 : Pont Grabba, rétrécissement de section	38
Photo 6 : Niveau d'eau atteint en pointillés rouge au-dessus de la maison de la culture	38
Photo 7 : Oued Deffa avec les voiles de protection en partie détruits	39
Photo 8 : Oued Deffa avec les voiles de protection en partie détruits	39

La région d'El-Bayadh recèle d'importantes potentialités des ressources hydriques superficielles et souterraines concentrées essentiellement au niveau du chott Chergui, du synclinal d'El-Bayadh et des aquifères. Ces ressources en eau sont soumises par plusieurs contraintes et menaces, qui agissent sur le potentiel et la qualité des ressources en eau, parmi ces contraintes: la surexploitation des nappes du synclinal d'El-Bayadh, la salinité des eaux (Chott Chergui), le risque de pollution des eaux de surface et des nappes (ménagères ou industrielles), sécheresse, la désertification, les variations climatiques : déficit pluviométrique, vents violents (Sirocco), le fléau de l'ensablement, la surexploitation, les contraintes climatiques (irrégularité pluviométrique). Ces changements climatiques peuvent entraîner une diminution des précipitations, des inondations, une augmentation des températures et de la fréquence des vents violents, des événements pluvieux violents, de la sécheresse, de la désertification, de l'ensablement, des crues et d'autres catastrophes météorologiques et hydrologiques seraient plus fréquents. Ces changements conduisant d'impacts négatifs sur les écosystèmes écologiques, les secteurs socio-économiques et sur la santé humaine.

Les changements climatiques font partie des questions environnementales qui préoccupent la communauté internationale. Depuis les années 90, la notion des changements climatiques met en débat les ressources en eau et les risques qui leur sont liés en les situant au cœur même du problème.

Les ressources hydriques sont vulnérables aux variations du climat. Selon le rapport du GIEC, d'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes seront confrontés au stress hydrique sous l'effet des changements climatiques.

En particulier dans le secteur de l'eau, le changement climatique pourrait changer la disponibilité, l'accessibilité et la demande et par conséquent accentuer les problèmes de rareté existant déjà notamment au niveau du bassin méditerranéen.

L'objectif de l'étude est de montrer l'impact du changement climatique sur les ressources en eau dans la région d'El-Bayadh. Pour étudier les impacts de ces changements climatiques sur la ressource en eau différents indices climatiques sont calculés afin de prévoir les futurs scénarios concernant l'évolution du climat sur les ressources en eau.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

El-Bayadh a été l'un des régions arides touchées en Octobre 2010 par des crues meurtrières. Les inondations ont entraîné d'importants dégâts humains et matériels : 11 morts, des dizaines de blessés, des centaines de maisons détruites, 5 ponts effondrés ... Les dommages ont été estimés à 6 milliards de dinars (600 millions d'Euros) hors habitations. Il est donc très essentielles d'étudier ce phénomène dans cette région. La définition de régime hydrologique est un outil important pour la gestion des ressources en eau, le dimensionnement des infrastructures est la protection des biens et des êtres humains contre le risque d'inondation. Dans ce travail, nous allons fournir quelques éléments de réponse à la problématique des inondations dans la région d'El-Bayadh

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Il constitue la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux.

L'eau, l'une des matières premières les plus importantes en Algérie, dont l'importance pour la consommation humaine, la production agroalimentaire, l'industrie, le transport, les loisirs et les écosystèmes n'est plus à démontrer. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa vulnérabilité aux changements climatiques, en Algérie. Néanmoins, les variations climatiques ne sont pas les seuls facteurs définissant la vulnérabilité de cette ressource aux changements climatiques, les facteurs économiques, démographiques et environnementaux sont aussi des critères à considérer. La réaction des consommateurs d'eau ainsi que les mécanismes de gestion de cette ressource déterminent dans une large mesure la vulnérabilité en Algérie de ces ressources

Problématique :

Le problème des ressources en eau susceptibles d'être exploitées, en tenant compte des critères socio-économiques, pour répondre aux différents types de besoins, est l'un des défis majeurs auquel l'Algérie se trouve confrontée. Bien que malheureusement cette situation ne soit pas limitée à la seule partie saharienne du territoire algérien, c'est dans cette dernière zone que les autorités se trouvent les plus démunies pour planifier l'exploitation des ressources en eau. En effet, ces ressources déjà peu abondantes et essentiellement souterraines sont de plus très mal connues tant quantitativement que dans leur répartition et leur évolution dans le temps.

Les changements climatiques sont devenus plus contraignants bien que l'élévation des températures moyennes et le changement des régimes de précipitations provoquent des modifications drastiques du contexte écologique notamment pour les milieux fragiles.

Toutefois, la présente étude a pour but de mettre en relation la variabilité du climat parallèlement avec l'évolution des nappes alfatières dans la région de El bayadh dans le contexte du changement climatique.

La variabilité du climat a été déterminée par l'analyse des séries chronologiques de températures et de précipitations puis par l'élaboration des indices bioclimatiques associés mettant en exergue le point sur l'ampleur de l'aridité et la sécheresse dans la région.

Cependant, l'analyse de la dynamique des nappes alfatières a été appréhendée à travers une étude diachronique des cartes d'occupation de la zone et des statistiques associées.

L'analyse de la variabilité du climat a montré la présence de plusieurs séquences sèches dans la région marquées par la diminution des précipitations et l'augmentation de la température. Cependant, la tendance observée durant la dernière décennie indique le retour vers une période humide très marquée. Les indices bio-climatologiques ont permis de déceler le caractère sévère et durable de la sécheresse climatique observée à partir de l'an 1984 jusqu'à 2002.

Les variables du climat et les indices bioclimatiques dérivés ont été fortement corrélées avec l'évolution des nappes alfatières dans la région. Avantagement, l'aire de répartition de cette zone se trouve sous l'influence d'un régime de précipitations supérieur à 200 mm par an ce qui est en principe favorable à son développement.

L'étude de l'évolution des nappes alfatières révèle une dynamique spatiale intéressante et confirment l'évolution régressive de leur environnement. Les observations ont montré qu'au siècle dernier, plus de 70% des nappes alfatières ont disparu. Ainsi, les surfaces alfatières ne représentent actuellement que 10% de toute la superficie de la steppe.

Chapitre 01 :

Cadre conceptuel

1. Le changement climatique

Le climat est défini comme étant une description statistique de l'état moyen de l'atmosphère et des variations spatiales et temporelles des variables climatiques telle que la température, la pluviométrie, l'humidité, le vent et la pression sur une période allant de quelques mois à plusieurs millions d'années (**Alexandre et al. 2009**).

Dans la littérature, il existe de nombreuses définitions mais le noyau central demeure dans la description des variantes atmosphériques d'une région donnée ; c'est ainsi que l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) définit le climat comme étant les conditions moyennes qu'il fait dans un endroit donné (température, précipitations ...) calculées d'après les observations d'au moins 30 ans).

Il est donc caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes. Selon le GIEC Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat, le changement climatique s'entend d'une 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.

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), définit les changements climatiques comme étant des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.

Les changements climatiques se sont produits sur diverses échelles spatiotemporelles ; les plus grands changements se sont produits sur la même étendue que celle de la dérive des continents. Cependant les grandes variations climatiques sont marquées par les périodes interglaciaires il y a trois millions d'années et la cyclicité du climat a duré des dizaines voir des centaines d'années (**Schneider et al. 1990**).

1.1. Les changements climatiques et ses causes

Le changement climatique est déjà une réalité, les observations scientifiques témoignent d'un réchauffement incontestable du climat et le rythme du changement s'accélère. Des changements dans le climat peuvent être causés à la fois par des événements et processus naturels et par des influences humaines. Les principaux facteurs naturels sont

les changements dans l'intensité de la lumière solaire qui atteint la terre et dans la concentration de la poussière volcanique (qui reflète et diffuse la lumière solaire) dans la stratosphère (**Hengeveld 2008**).

1.2. Le réchauffement climatique

La communauté scientifique internationale conclut : « Il est extrêmement probable que les activités humaines soient la principale cause du réchauffement depuis le milieu du 20^{ème} siècle » (**Toureau 2015**).

Les tendances futures montrent, en général, une baisse des précipitations et une augmentation des températures. La pluviométrie annuelle baissera de l'ordre de 20% d'ici 2050 et de 40% à l'horizon 2080 (**Gommes et al. 2009**). Selon les mêmes auteurs, cette chute affectera surtout les saisons pluvieuses notamment, l'automne et le printemps (Le réchauffement avoisinera 3°C d'ici 2080 et atteindra même 5°C dans certaines zones pastorales). Cet accroissement entraînera une augmentation de l'évapotranspiration de l'ordre de 20% d'ici 2050 et 40% à l'horizon 2080.

Onze des douze dernières années (1995–2006) parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde quoique de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord (**CF, Fig 1**)

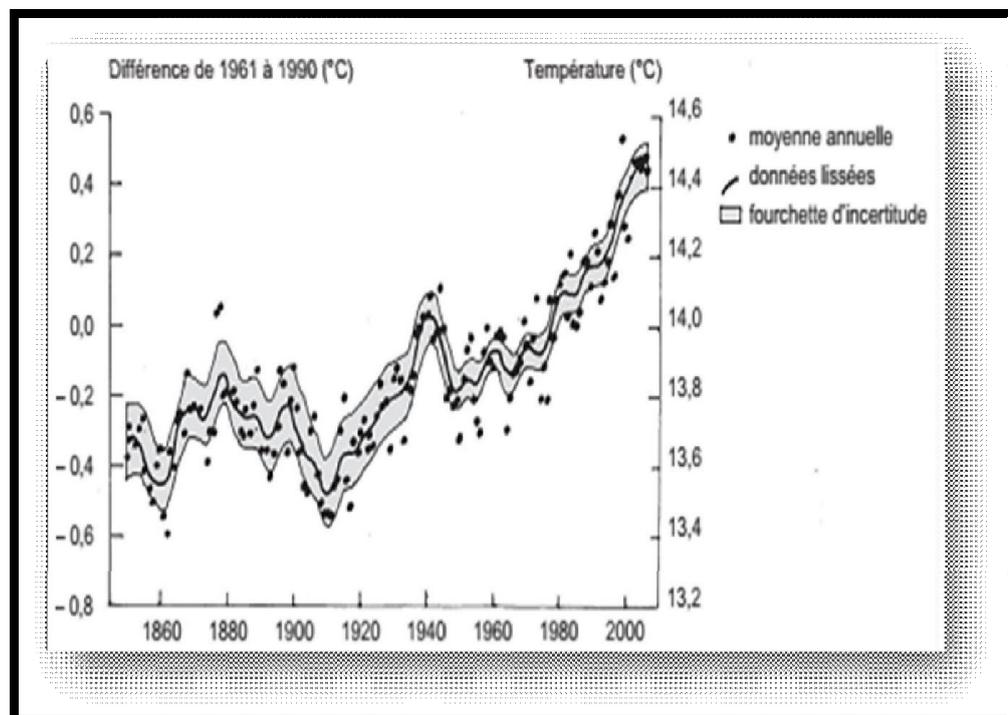


Figure 1- Évolution de la température globale depuis 1850 (**GIEC 2007**).

Les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud.

L'effet de serre est un phénomène naturel, qui résulte de la présence dans l'atmosphère de gaz absorbant le rayonnement infrarouge thermique émis par les surfaces terrestres et sans lequel la température moyenne du globe s'établirait aux alentours de -18°C au lieu de $+15^{\circ}\text{C}$ (**Bernard et Jean-François 2008**).

L'enveloppe ou l'atmosphère de la Terre joue le même rôle que les parois d'une serre. En l'absence de nuages, elle laisse passer la plus grande partie des rayons du soleil mais retient la chaleur de la Terre en interceptant le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre. Une grande part de ce rayonnement infrarouge thermique est interceptée par les gaz absorbants (vapeur d'eau et CO_2 essentiellement) présents naturellement dans l'atmosphère, diminuant ainsi sa perte vers l'espace. L'énergie ainsi «piégée» par l'effet de serre naturel provoque une élévation de la température en surface. Sans cet effet de serre, la Terre aurait une température moyenne de -18° au lieu de 15° . L'effet de serre est donc essentiel pour le maintien et le développement de la vie (**Solomon et al. 2007**). (cF, Fig 2)

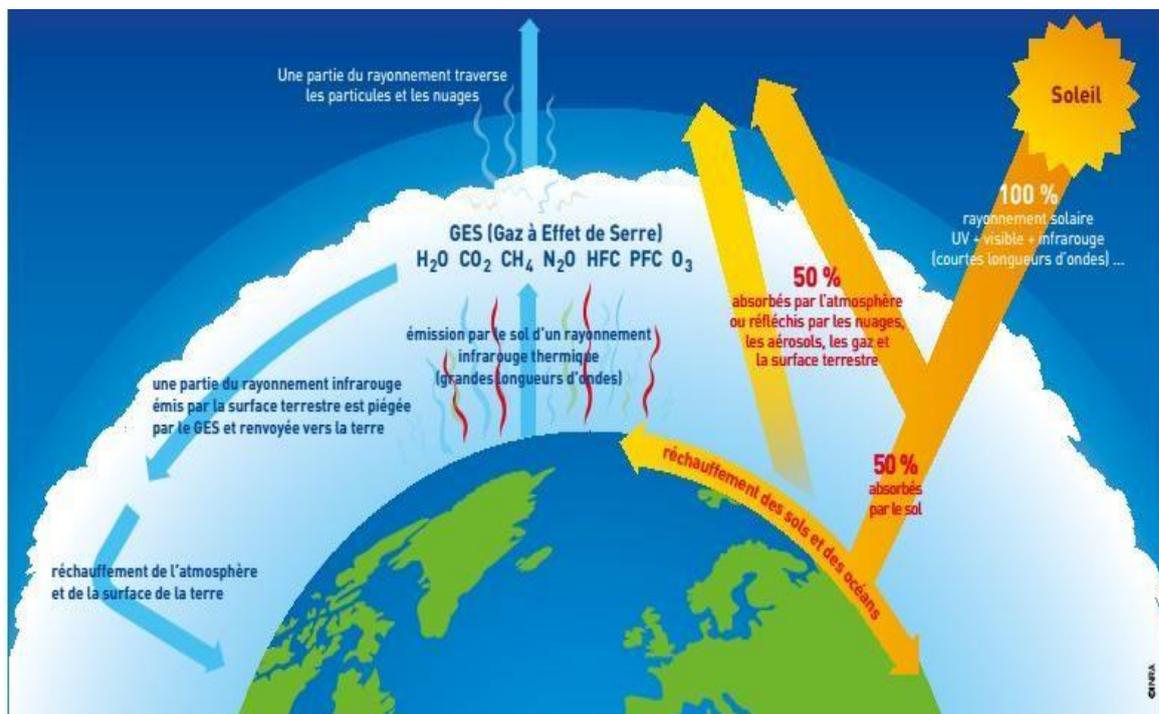


Figure 2 – Le réchauffement de l'atmosphère et de la surface de la terre (**Taureau,2015**).

Le changement climatique est en marche et ses effets dans le demi-siècle à venir sont pour partie inévitables. Les variations de la concentration de gaz à effet de serre (**GES**) dans l'atmosphère, de la couverture végétale et du rayonnement solaire modifient le bilan énergétique du système climatique (**IPCC, 2007**).

La dernière analyse des données d'observation recueillies dans le cadre du Programme de la Veille de l'atmosphère globale de l'OMM révèle qu'à l'échelle du globe, les fractions molaires moyennes du dioxyde de carbone (CO_2), du méthane (CH_4) et du protoxyde d'azote (N_2O) ont atteint de nouveaux pics en 2014.

Selon les spécialistes du GIEC, les rejets annuels de dioxyde de carbone (CO_2), le plus important gaz à effet de serre anthropique, ont progressé de 80 % environ entre 1970 et 2004. À compter de l'an 2000, on a observé une inversion de la tendance au fléchissement des émissions de CO_2 par unité d'énergie produite qui se dessinait à long terme.

En 2005, les concentrations atmosphériques de CO_2 et de CH_4 ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO_2 est l'utilisation de combustibles fossiles ; le changement d'affectation des terres y contribue aussi, mais dans une moindre mesure.

Il est très probable que l'augmentation observée de la concentration de CH_4 provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles ; cette progression s'est toutefois ralentie depuis le début des années 1990, ce qui concorde avec le fait que les émissions totales (anthropiques et d'origine naturelle) ont été quasi constantes durant cette période. Quant à la hausse de la concentration de N_2O , elle est essentiellement due à l'agriculture. **(cf, Fig 3)**

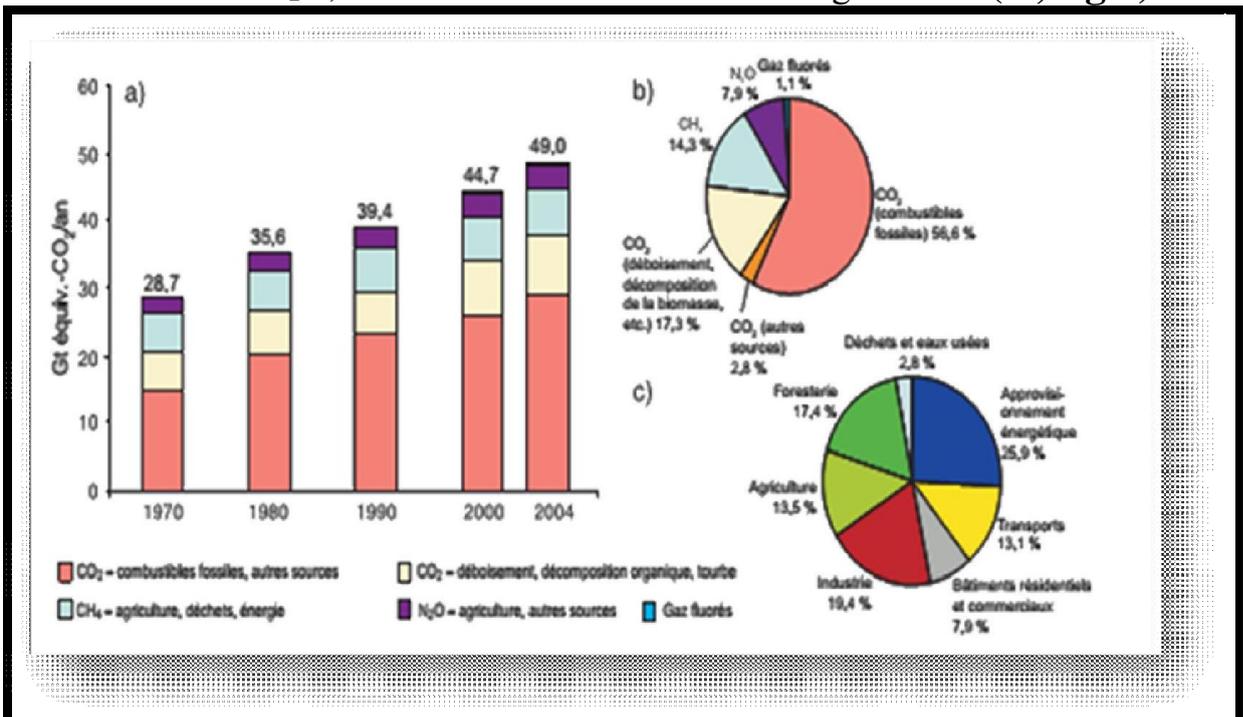


Figure 3 - Les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GIEC 2007)

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.

Sur ces bases scientifiques, trois composantes principales du système océan/atmosphère sont en proie aux futures grandes évolutions climatiques : les changements concernent les températures (de l'air et de la mer), les régimes de précipitations et le niveau de la mer (Alexandre et al. 2009). (cF, Fig 4)

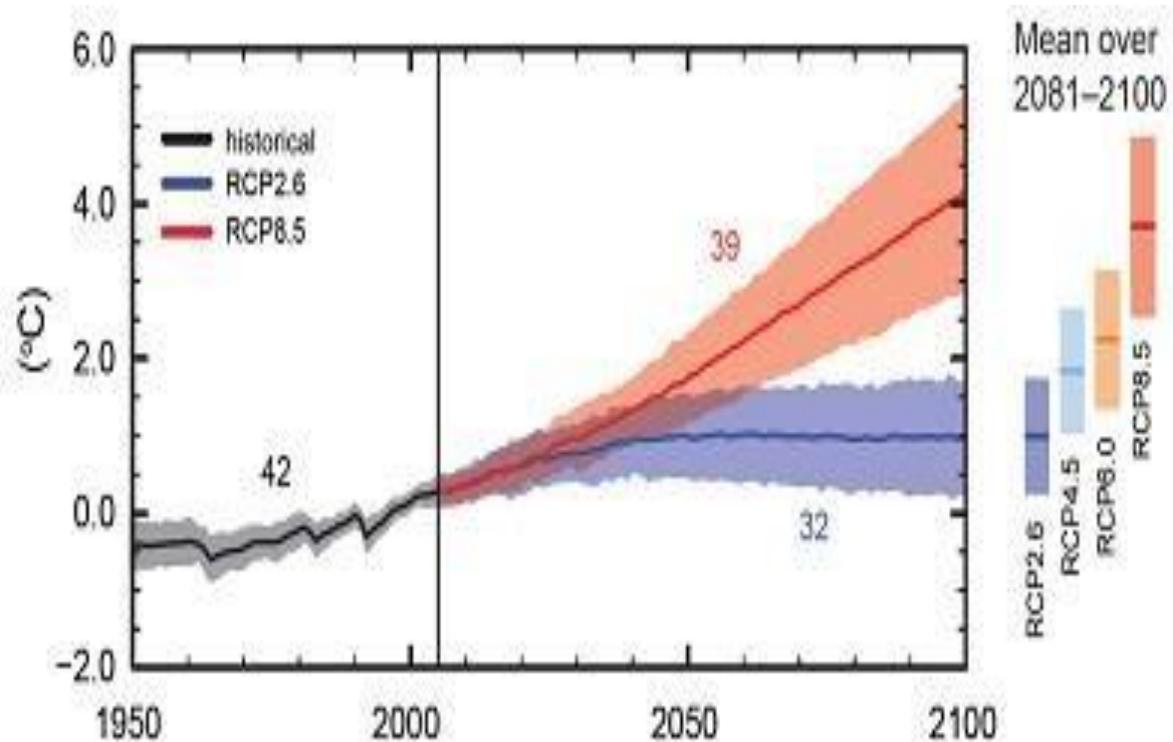


Figure 4 - L'évolution attendue de la température selon les scénarios RCP (GIEC 2013)

La tendance d'ensemble sera au réchauffement du climat : concernant l'augmentation de la température de l'air à l'échelle du globe, la fourchette des probables, pour les 6 scénarios et Les 23 modèles aujourd'hui utilisés dans le cadre du GIEC, se situe entre +1,1°C et + 6,4°C d'ici la fin de ce siècle (Hertig et Jacobeit 2007). Si une telle augmentation peut a priori paraître peu élevée, il faut avoir conscience que « 5°C seulement nous séparent de la dernière période glaciaire » Cette élévation de quelques degrés doit être entendue dans ses implications au niveau des composantes de l'atmosphère, de l'océan et de la surface terrestre, et de leurs interactions (Van Grunderbeeck et Tourre 2008).

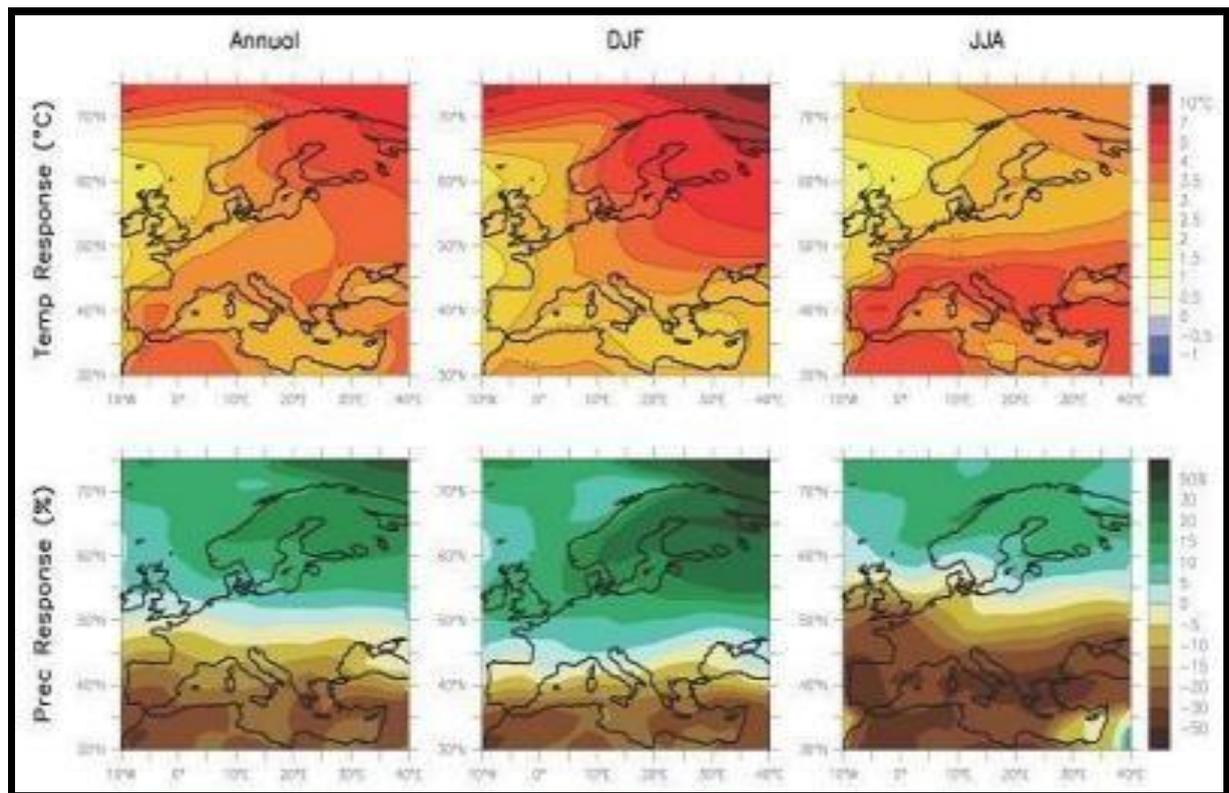


Figure 5 - Evolution attendue de la température et des précipitations dans la région méditerranéenne à l'horizon 2100 selon le scénario du « GIEC » (GIEC 2007)

2. Les effets des changements climatiques sur la végétation

De grandes incertitudes persistent cependant, quant aux effets des changements climatiques sur les zones arides (Lioubimtseva et Henebry 2009). Dans de nombreuses régions d'Afrique, parallèlement à une diminution de la pluviosité, c'est surtout la tendance vers une augmentation de la fréquence et de l'intensité des périodes sèches qui risque d'être la manifestation la plus insidieuse des changements climatiques (Hillel et Rosenzweig 2002)

Toutes les prévisions concernant les conséquences du changement climatique sur la biodiversité dans son ensemble sont très préoccupantes. L'impact des changements climatiques risquent de survenir au niveau des écosystèmes et de leur richesse en termes de biodiversité (Thomas 2008).

Sur la base d'un scénario modéré de changement climatique, on prévoit actuellement une extinction de 15 à 37 % des espèces méditerranéennes d'ici 2050 (Julien et al. 2008). Ainsi, et du fait de leur aridité, les zones steppiques sont sensibles à tout changement climatique. Depuis 1981, jusqu'en 2013, la pluviométrie moyenne a très souvent été en deçà de la moyenne. Une étude menée par Hireche et al. (2007) a montré une tendance à l'assèchement au sud

oranais, patrie des parcours à alfa. Cet assèchement va de pair avec une augmentation des températures. Dans l'aride, celle-ci ne dépassent pas 1° C en général. Elles varient de 0,7° C à Mechéria à 0, 8° C pour Ain Sefra. La conjonction d'une légère remontée des températures et d'un assèchement net du climat a provoqué un déficit hydrique important, qui a aggravé la dégradation de la steppe.

Dans une autre étude sur la dynamique d'une steppe d'Alfa Aidoud et al. (2011), ont montré que la pluviométrie annuelle dans la région d'El Bayadh (Algérie), présente une variabilité élevée avec une tendance à la baisse des régimes pluviométriques durant la période 1857-2005 (cF, Fig 6)

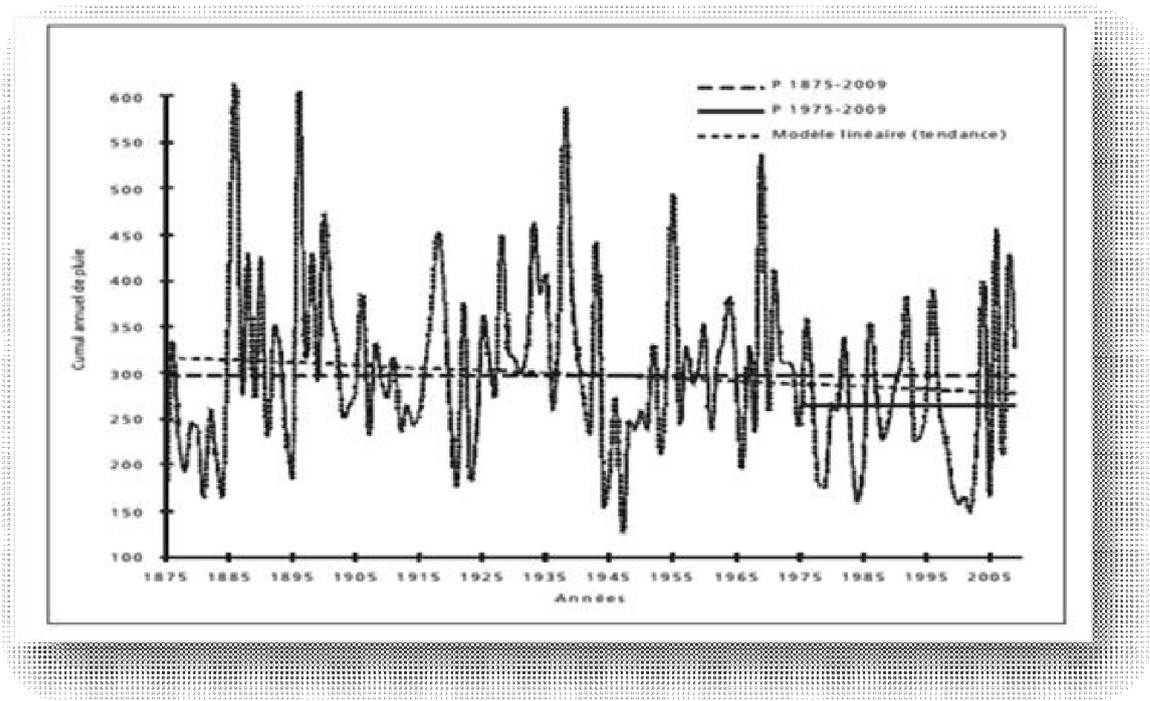


Figure 6 – La pluviométrie annuelle dans la région d'El Bayadh (1875-2005) (Aïdoud et al.2011)

Les travaux et les recherches entrepris dans le domaine de la dynamique des milieux steppiques en fonction de changements climatiques ont montré que des modifications considérables se sont produites dans les espaces pastoraux. Ces études montrent toutes une importante régression du couvert végétal supérieure à 50% et une diminution sérieuse de la production des écosystèmes steppiques passant de 120 à 150 UF/an en 1978 à 30 UF/ha/an pour les parcours dégradés et 60 à 100 UF/ha/an pour les parcours palatables (Aidoud et Nedjraoui 1992).

En outre, la steppe algérienne s'est maintenue dans un état dynamique relativement satisfaisant jusqu'à 1975. Une réduction considérable du potentiel

de production est survenue entre 1975-1985, évalué à 75% en moyenne (Le Houerou 1985).

Dans d'autres travaux, Slimani et al. (2010) ont montré qu'après 30 ans (1976-2006), des changements écologiques profonds ont affecté toute la steppe, y compris la parcelle mise en défens, avec la disparition totale du système préexistant.

Aidoud et al. (2011) montraient une diminution notable du couvert végétal composant le cortège floristique de la région steppique (El Bayadh) étudiée depuis les années 1970, cette diminution a concerné aussi bien les espèces éphémères que pérennes (cF, Fig 7)

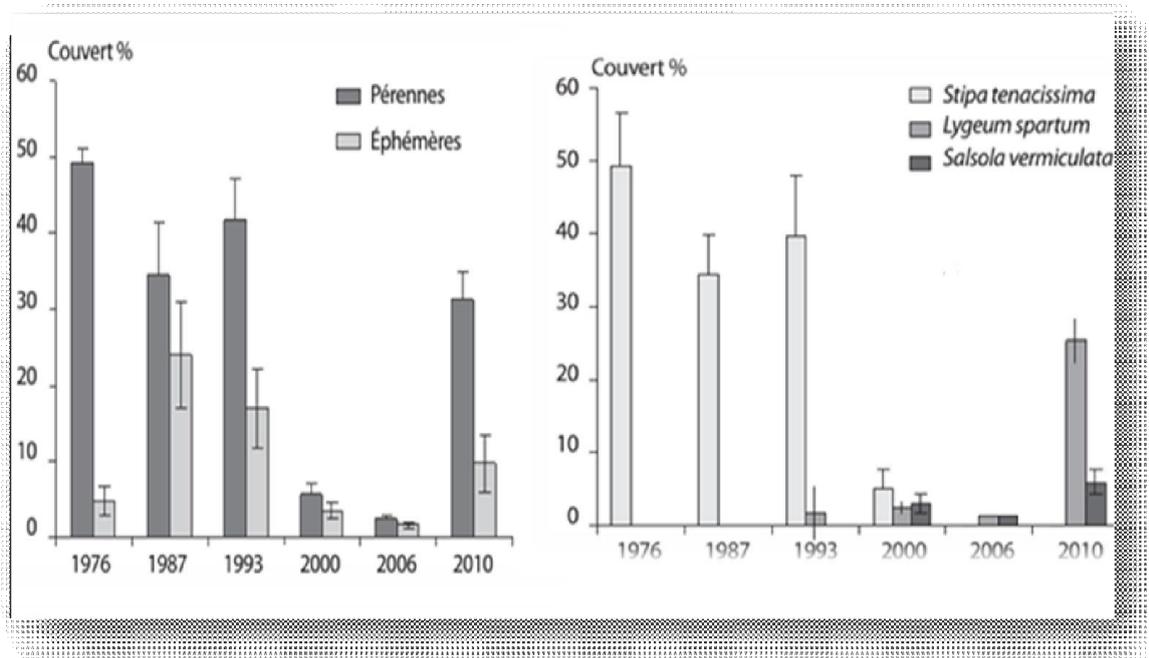


Figure 7 – Le changement du couvert végétal des espèces pérennes et éphémères dans la stepped'Alfa de 1976 à 2010 (Aïdoud et al. 2011).

2.1. Le régime des températures

Dans le contexte actuel de changement climatique, l'ensemble de la communauté scientifique s'accorde sur la réalité d'une modification de climat et sur un réchauffement global à venir (IPCC 2007). Ainsi, la tendance observée est hausse thermique de la fin du XX^{ème} siècle montre que la température augmente presque partout excepté sur quelques secteurs très précis dans les océans de l'hémisphère sud et en quelques points de l'hémisphère nord (Figure 8)

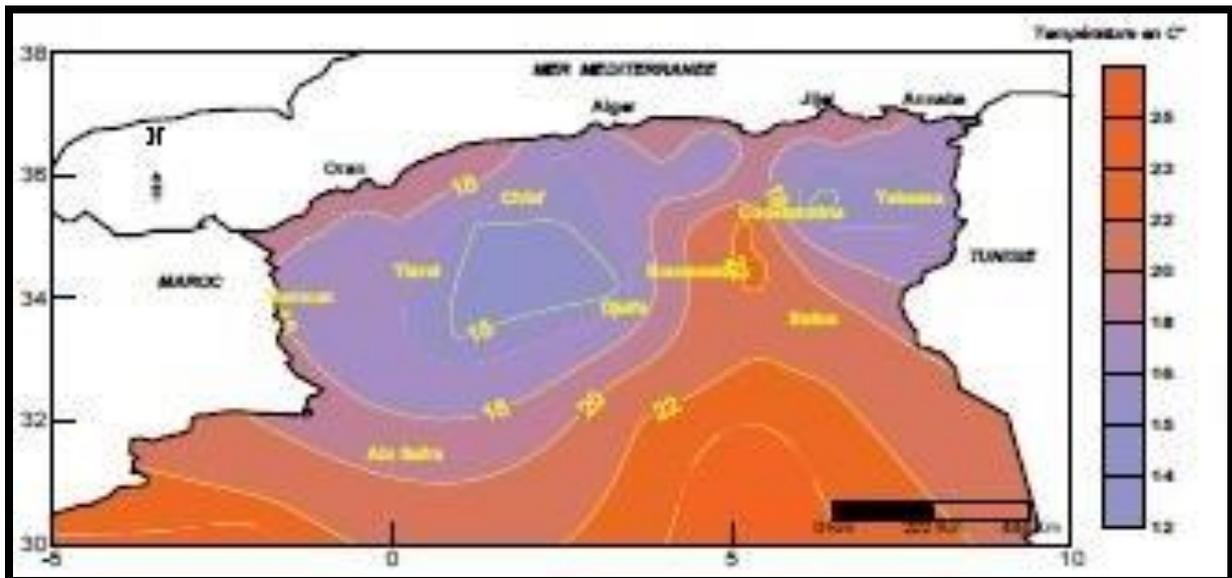


Figure 8 - La température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie durant la période 1950-2005 (ONM 2009).

À l'échelle du bassin méditerranéen, il est probable que la croissance de la température moyenne annuelle soit légèrement plus marquée qu'au niveau mondial (Hallegatte et al. 2007; Van Grunderbeeck et Tourre 2008).

En considérant l'ensemble des scénarios SRES, cette croissance moyenne est estimée comprise entre environ 2°C et 6,5°C d'ici la fin du siècle.

Quant aux variations saisonnières, elles resteront importantes même si l'augmentation des températures sera très probablement plus marquée en hiver qu'en été. À cela s'ajoutent enfin des variations infrarégionales : en automne par exemple, l'ouest du bassin devrait être caractérisé par une élévation de température légèrement plus marquée que le reste du bassin, alors que ce constat devrait s'inverser sur la période estivale pour concerner davantage les pays du Sud et de l'Est (Hallegatte et al. 2007).

Cette croissance des températures moyennes se répercutera en partie sur l'évolution de la température de la surface de la mer, avec des implications sur les dynamiques de la basse atmosphère (jeu des dépressions et anticyclones) et indirectement sur les précipitations et les habitats naturels. Bien que le réchauffement de la surface de la mer, également conditionné par la circulation des masses d'eau, sera moindre que celui de l'air (l'inertie thermique de la mer est plus grande que celle de l'air), l'augmentation moyenne attendue se situera tout de même aux alentours de +2°C à +4°C d'ici le dernier quart du XXI^{ème} siècle (Hertig et Jacobeit 2007; Somot et al. 2007). Ce réchauffement généralisé jouera sur le volume général de la masse d'eau méditerranéenne, puis indirectement sur les habitats côtiers et marins et les écosystèmes associés.

Enfin, la croissance couplée des températures moyennes de l'air et de la mer influenceront, en même temps qu'elles seront influencées par, les régimes régionaux et locaux de précipitations. On voit ici combien les composantes du système océan/atmosphère interagissent, et donc combien leur prise en compte commune est nécessaire à l'identification des effets du changement climatique sur les écosystèmes, les sociétés et les territoires méditerranéens.

2.2. La sécheresse

La sécheresse « météorologique », est définie comme étant le temps écoulé entre deux pluies efficaces, c'est à dire capables d'apporter réellement de l'eau dans le sol''. L'autre aspect de la sécheresse « climatologique » qui est tout simplement un déficit pluviométrique prolongé. On s'accorde à dire que l'on est en condition de sécheresse quand la pluviométrie annuelle est en dessous de 20% de la normale (**Le Houerou 1989**).

Le bassin méditerranéen se caractérise par diverses spécificités climatiques et environnementales qui incluent, par exemple, une disponibilité faible de la ressource en eau. L'affrontement de diverses grandes masses d'air (air tropical sec d'Afrique saharienne, air humide venu de l'Atlantique...) induit un régime pluviométrique très irrégulier à la fois dans l'espace et dans le temps. On note ainsi que les États de la rive sud ne reçoivent que 10 % à 13 % des précipitations moyennes annuelles du bassin. Au même titre que les pays de la rive Est, ils sont donc caractérisés par un climat de type subtropical, avec une aridité très marquée en Libye et en Egypte (**Iddri 2014**).

L'altération dans le régime des précipitations peut provoquer des changements majeurs dans la végétation, les sols, la biodiversité et les processus écologiques dans les écosystèmes terrestres (**Nielsen et al. 1989 ; Brown et al. 1997; Ehleringer et al. 2001**).

La principale vulnérabilité concerne une variabilité plus marquée des précipitations ainsi qu'une occurrence plus accrue d'épisodes secs et pluvieux. Ils sont susceptibles d'avoir des impacts non négligeables en termes de dynamique de distribution des formations végétales (Djellouli et Dadjet 1993).

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connue diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la saison sèche a augmenté de 2 mois durant le siècle dernier (Hireche et al. 2007).

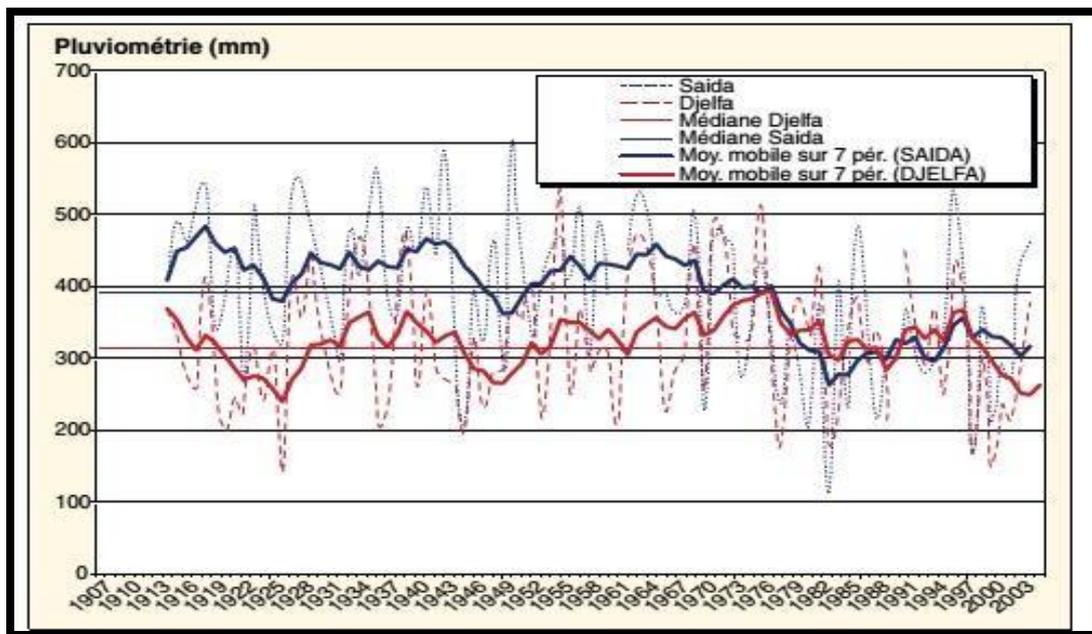


Figure 9 - Cumuls pluviométriques annuels d'une station du Sud algérois et d'une station du Sud oranais de 1907 jusqu'à 2003 (Hireche et al. 2007).

En général la pluviométrie moyenne annuelle est faible (100 à 400 mm) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leurs aspects orageux (**Le Herrou 1989**).

De longues observations sur le terrain ont démontré qu'une aridité croissante provoque une détérioration des caractéristiques du sol donnant lieu à un processus de désertification observé notamment dans le sud oranais et le sud algérois (**Djebaili 1984**).

3. L'écosystème steppique en Algérie

La steppe est un ensemble géographique dont les limites sont définies par le seul critère bioclimatique. D'après Maniere et Chamignon (1996), le mot steppe évoque d'immenses étendues arides couvertes d'une végétation basse et clairsemée.

Les plus importants travaux relatifs aux écosystèmes steppiques (**Capot Rey 1953; Quezel 1965; Celles 1975; Djebaili 1978; Le Houerou et al. 1979; Pouget 1980; Le Houerou 1985; Djellouli 1990; Haddouche 2009**) s'accordent pour délimiter ces écosystèmes, au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*).

Les 20 millions d'hectares sont subdivisés en deux grands ensembles: 15 millions d'hectares sont occupés par une végétation steppique graminéenne et

chamaephytique constituant les vraies zones de parcours et 5 millions sont occupés par les cultures, les forêts et le sol nu (Nedjraoui 2002).

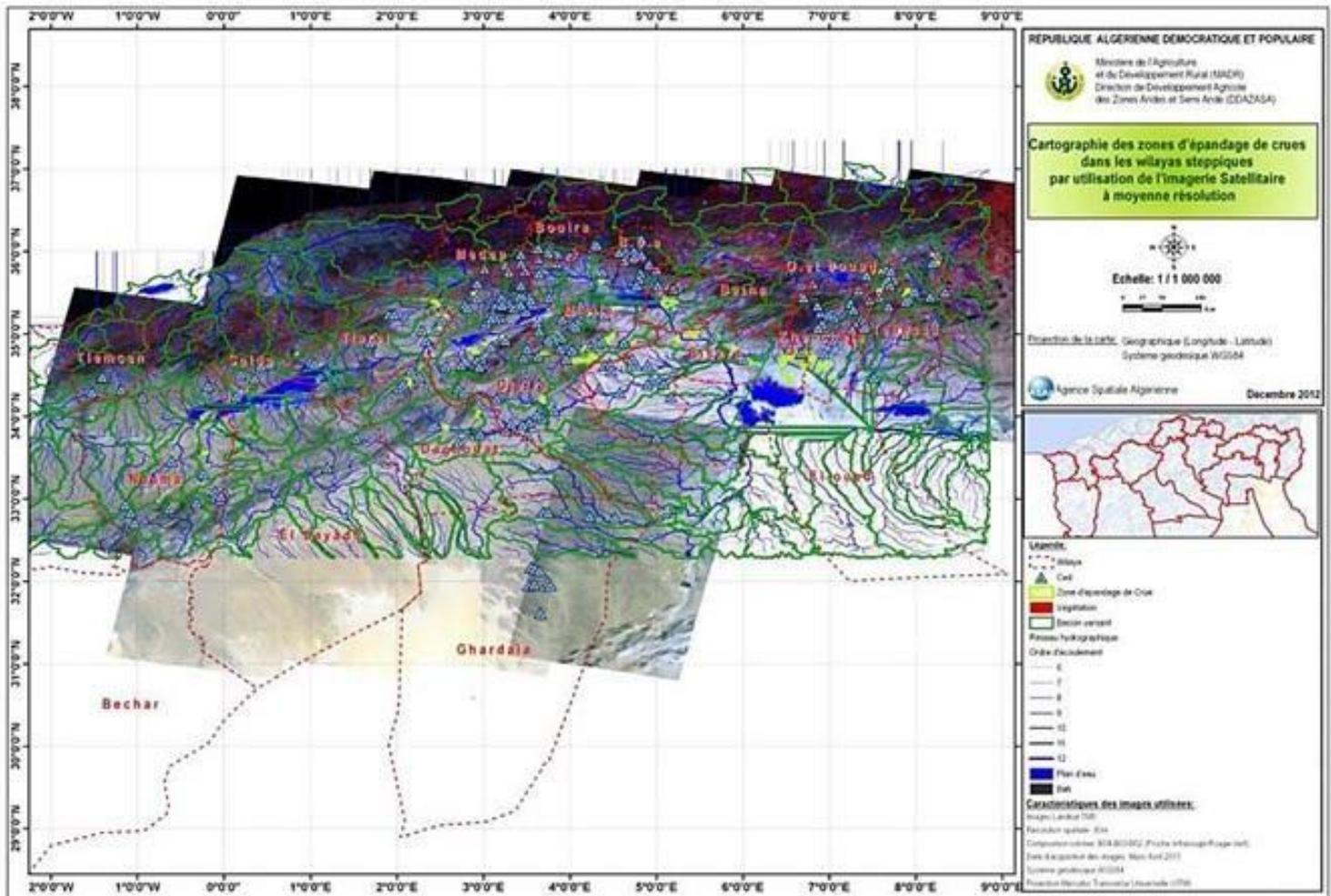


Figure 10 - Spatiocarte de la zone steppique algérienne (Asal 2013).

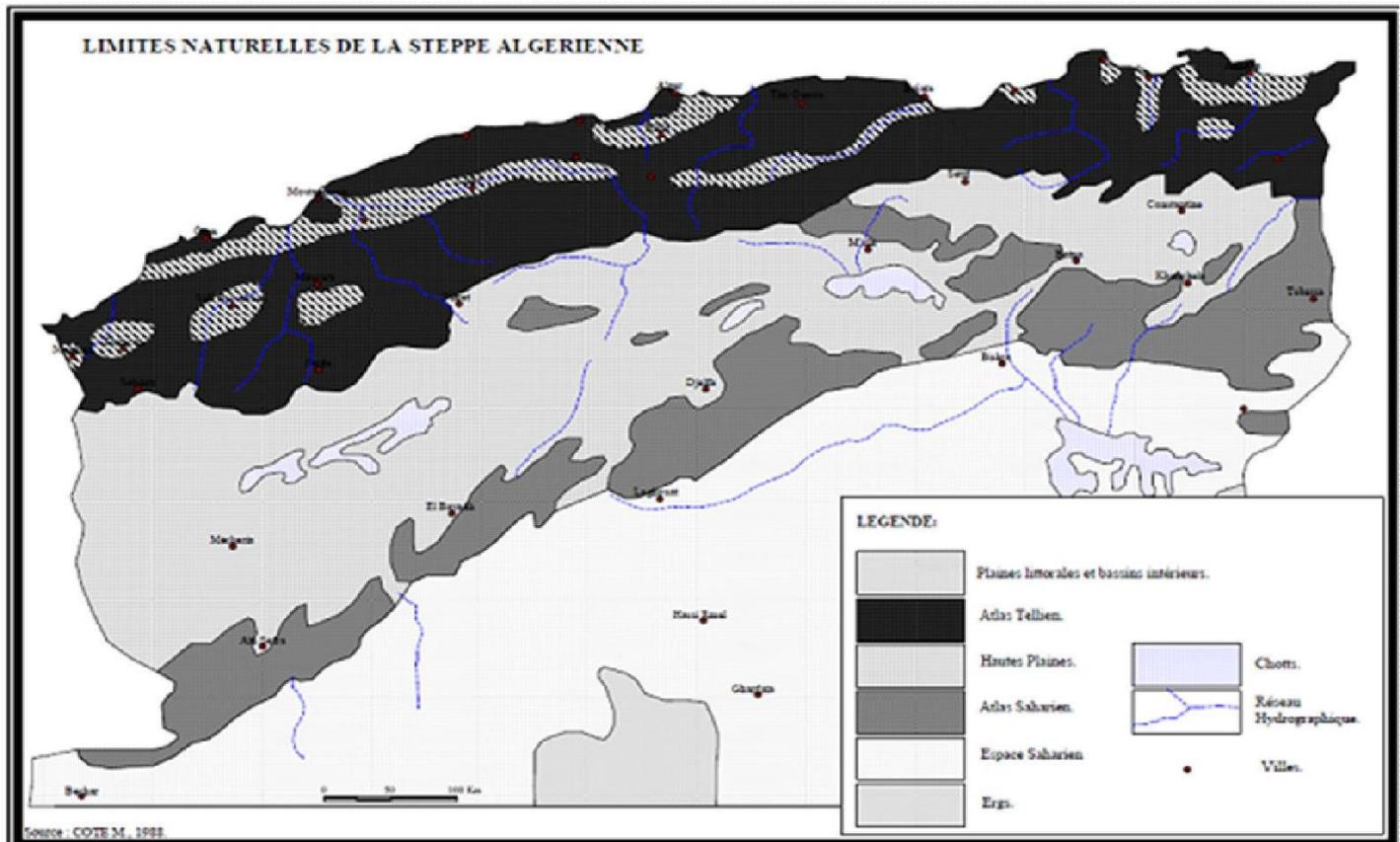


Figure 11 - Limites naturelles de la steppe algérienne (Le Houerou et al. 1977).

Les écosystèmes steppiques se caractérisent par une diversité biologique appréciable, fruit d'une adaptation millénaire aux conditions climatiques particulièrement difficiles inhérentes à ces régions. Ils connaissent une importante régression du couvert végétal ainsi qu'une diminution de la productivité pastorale. Ils sont également soumis à un processus de désertification accentué dont les effets ne manqueront pas de se traduire par une tendance à l'accentuation de l'appauvrissement de la biodiversité de ces régions (Le Houerou et al.1977).

3.1 Le cadre physiographique

En 1977, Le Houerou, Claudin et Pouget rapportaient dans des travaux sur le bioclimat des steppes algériennes, que les zones steppiques se situent directement au Sud des chaînes telliennes et au Nord des Chaînes les plus méridionales de l'Atlas saharien; on peut distinguer non moins schématiquement dans un premier temps deux unités de relief bien distinctes.

Les Hautes-Plaines sud-oranaises et sud-algéroises se prolongent à l'Est par

le bassin du Hodna et les Hautes-Plaines sud-constantinoises.

Au Sud, faisant transition avec les vastes et monotones étendues sahariennes, deux systèmes montagneux bien différents se relaient de l'Ouest vers l'Est : l'Atlas saharien et les Monts des Aurès et Nememtcha.

En tenant compte de ce schéma la steppe peut être subdivisée en :

Les steppes occidentales à l'Ouest : Hautes-Plaines sud-oranaises et sud-algéroises avec l'Atlas saharien. Ces Hautes-Plaines forment un vaste ensemble monotone dont l'altitude décroît progressivement de la frontière marocaine (1200 m) à la dépression du Hodna (400 m). L'Atlas saharien (monts des Ksours, Dj. Amour, Monts des Ouled Nail, Monts du Zab) est un alignement de reliefs orientés SO-NE ; leur altitude décroît également d'Ouest en Est de plus de 2000 mètres dans les Ksours à 1000 m environ au Sud du Chott El Hodna.

Les steppes orientales : à l'Est du Hodna s'étendent les Hautes-Plaines sud-constantinoises dont l'altitude est relativement stable (900 à 1200 m) avec, au Sud, l'imposant massif des Aurès et son prolongement oriental des Nememtcha.

3.2 Le cadre édaphique

Selon Pouget (1980), la plus part des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation. Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et constituées par les lits d'oueds soit fermées et appelées Dayas.

3.3 Le cadre climatique

Comme l'Algérie du Nord, les zones steppiques ont un climat méditerranéen avec une saison estivale de 6 mois environ, sèche et chaude, le semestre hivernal (Oct, Avril) étant par contre pluvieux et froid. Il s'agit cependant, pour les steppes, d'une forme particulière de ce climat caractérisé essentiellement par :

- Des faibles précipitations présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle.

- Des régimes thermiques relativement homogènes mais très contrastés, de type continental

La pluviosité moyenne annuelle est en général faible. D'après les données analysées par Seltzer (1946) les Hautes Plaines sud-oranaises, sud-algéroises et sud-constantinoises reçoivent entre 200 et 400 mm en moyenne par an. La pluviosité s'abaisse sensiblement dans la région du Chott el Hodna dont la partie centrale reçoit moins de 200 mm.

Elle diminue encore sur le pied mont Sud de l'Atlas saharien (environ 150 mm) décroissant rapidement dès que l'on s'éloigne de la flexure sud-atlasique

vers le Sud.

Seuls les massifs montagneux reçoivent de, quantités d'eau plus importantes, de l'ordre de 400-500 mm dans l'Atlas saharien et pouvant atteindre plus de 600 mm dans les Monts du Hodna et les Aurès-Belezma.

L'Algérie steppique connaît un régime thermique contrasté, de type continental. L'amplitude thermique annuelle y est partout supérieure à 20°C (Le Houerou et al. 1977). Cependant, il est remarquable que, pour la quasi-totalité de la région étudiée, cette valeur reste comprise entre 20 et 22°C. Située, dans son ensemble, à une distance sensiblement constante de la mer, le régime thermique de la région est aussi fortement influencé par l'altitude ; la latitude n'intervient qu'en deuxième facteur pour différencier les points extrêmes.

3.4 Le cadre socio-économique

Les parcours steppiques sont des régions à vocation agropastorales. Ce sont des zones où l'élevage et l'agriculture sont les activités économiques par excellence.

Les parcours steppiques et à l'image dans l'ensemble du territoire steppique en Algérie ont connu une évolution et une dynamique conséquente, tant sur le plan écologique que socioéconomique, l'évolution de la population, de l'activité économique pratiquée, l'agropastoralisme a connu un bouleversement ayant mené à une situation de dégradation alarmante.

3.5 Les formations végétales (cF, Fig 12)

Sur le plan de la végétation c'est le domaine des steppes: steppes d'alfa (*Stipa tenacissima*), dont la superficie est plus de 2 millions d'hectares (ONS 2015); dans une steppe en bonne état (nappe alfatière). Cette espèce peut représenter plus de 90% de la phytomasse (Aidoud et al. 2006). On les retrouve dans les étages bioclimatiques semi arides à hiver frais et froid et aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques rocheux bien drainés de 400 à 1800 m d'altitude (Djebaili et al. 1995).

Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier la pression ovine (Nedjraoui 2001).

Aidoud (1984), s'est intéressée à l'étude des groupements à sparte (*Lygeum spartum*). Cette étude a mis en évidence la complexité des groupements steppiques et montré l'importance de la place que tient le sparte, ils représentent 2 millions d'hectares, rarement homogènes occupant les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. Ces steppes se trouvent dans les bioclimats arides, supérieurs et moyens à hivers froids et frais. Les steppes à sparte sont peu

productives. Mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité, relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 100 à 190 UF/ha/an (Nedjraoui 2001).

Hourizi (2004) a mis en évidence l'état de dégradation actuel d'un écosystème à *Lygeum spatum* par une analyse floristique et cartographique de la végétation en utilisant les données de télédétection spatiale.

Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5%. Elles présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kg MS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an avec ce type de steppe est surtout exploité par le camelin (Nedjraoui 2001).

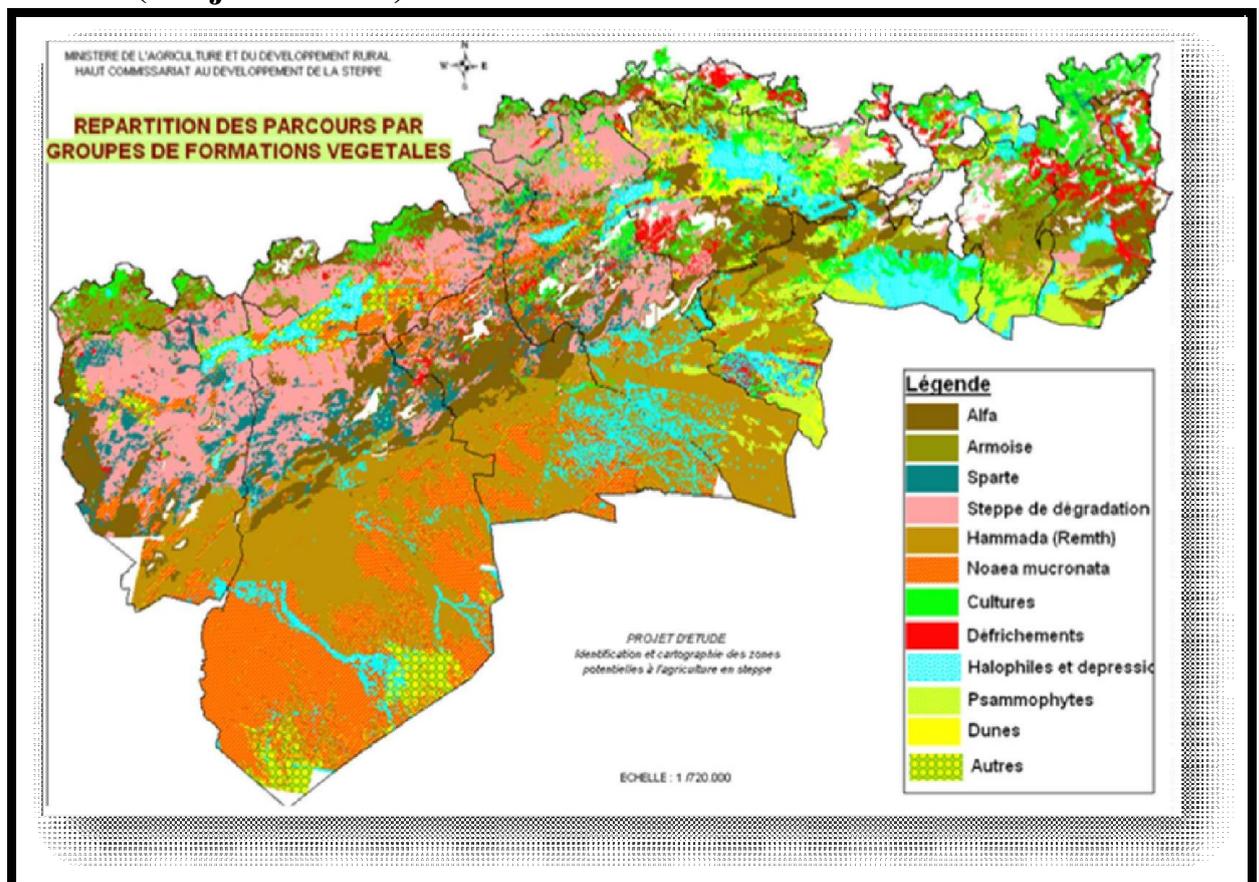


Figure 12 - L'occupation du sol de la steppe Algérienne

(Haut Commissariat au Développement de la Steppe),(HCDS 2010)

CHAPITRE 02:
Présentation de la ville d'EL-Bayadh

OUEST :

- El Mehara
- Chellala

SUD :

- Ain El Orak
- Kraakda



Figure 14 - Communes limitrophes de la ville d'El Bayadh

2.2 La géomorphologie

La ville d'El Bayadh qui s'étend sur le synclinal d'El Bayadh est limitée au Nord par les djebels Mekther (1428m) et Zouireg (1509m), à l'Est par le djebel Ksel (2008m), au Sud par les djebels Eloustani (1921m), Bouderga (1872m) et Merdoufa (1578m) et à l'Ouest par le djebel El Biod (1453m) (cF, Fig 15)

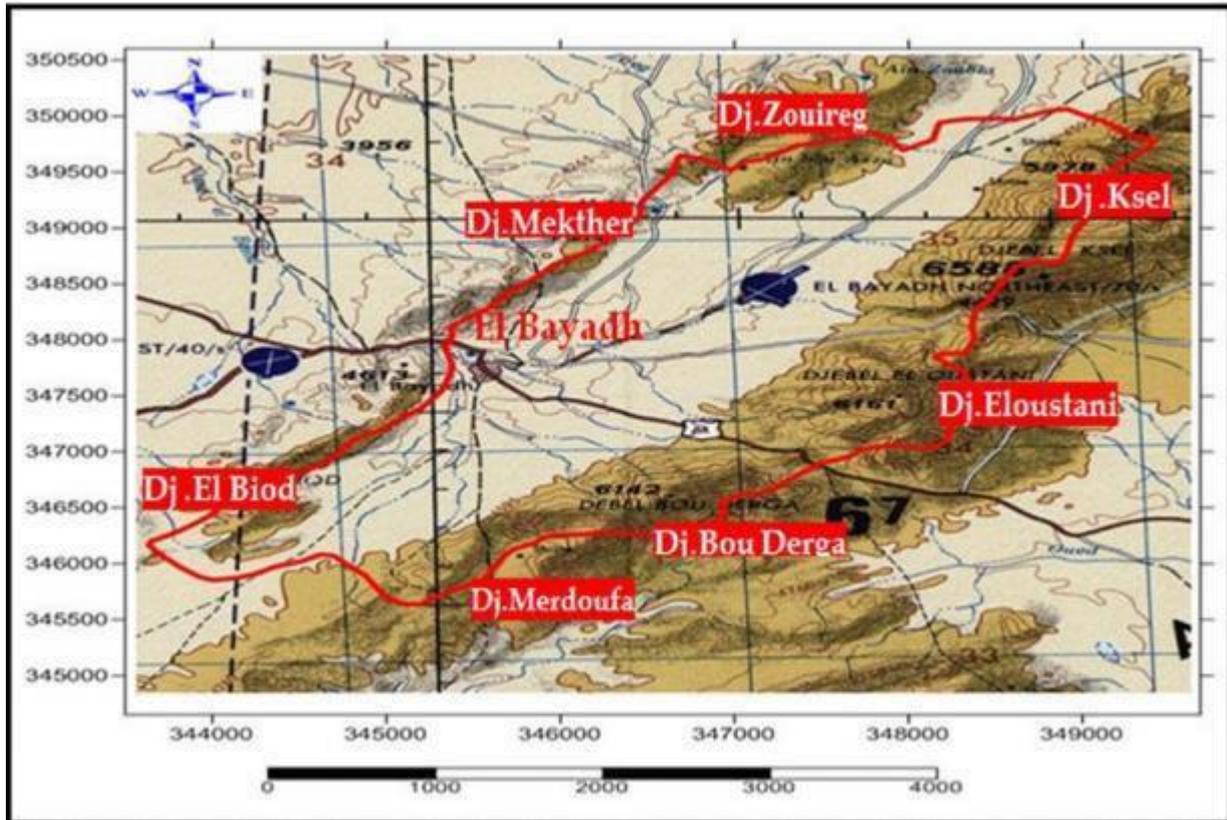


Figure 15 –Les unités topographiques de la ville d'El Bayadh -
(www.researchgate.net)

La wilaya d'El Bayadh est constituée de trois ensembles physiques bien distincts, à savoir :

➤ **Zone 1 des hautes plaines** : Bougtob - El Kheiter -Tousmouline – Rogassa - Kef Lahmar -Cheguig et une partie de Mehara. Les altitudes varient entre 900 m à 1.400 m à Hassi Ben Hadjam

(Mehara). Cette zone se caractérise par l'amplitude élevée (34 à El Kheiter), la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (208 à El Kheiter), la gelée (40 à 60 jours) et la présence de vents chauds (sirocco) avec des périodes sèches.

➤ **Zone 2 Atlas Saharien** : L'Atlas Saharien composé de 13 communes : El Bayadh – Boualem - Sidi Amar - Sidi Taiffour - Sidi Slimane - Stitten - Ghassoul - Krakda - Ain El Orak - ArbaouetChellala - Mehara et Boussemgoun. Elle présente une situation bioclimatique (semiaride froid) relativement plus avantageuse par rapport à celle de la partie Saharienne de la

Wilaya.

Bénéficie de l'apport en eau et alluvions provenant des sommets et versants des reliefs montagneux

dont les altitudes varient entre 1300 mètres et 2000 mètres (2008 m Djebel Ksel à l'Ouest de la localité de Stitten. Les précipitations sont relativement plus importantes par rapport aux autres zones l'hiver et plus rigoureux et l'enneigement dépasse 10 jours par an.

➤ **Zone 3 Prés Saharienne** : La prés Saharienne est constituée uniquement de trois communes qui sont : Brezina - El Abiodh Sidi Cheikh et Bnoud. Partie la plus désavantagée, elle représente la superficie la plus importante de la Wilaya (71 % de la superficie totale). Les altitudes décroissent du Nord au Sud de 1 000 à 500 m environ à la partie extrême Sud de la Wilaya où on note la présence de l'Erg Occidentale qui renforce l'aspect désertique de cette zone avec une période estivale plus longue et plus chaude. L'hiver est marqué par les gelées et des températures avoisinantes 0°C . Faisant partie de la zone Saharienne avec 129 mm comme hauteur des précipitations, elle présente une activité agricole limitée aux Ksour, caractéristique de l'agriculture saharienne.

2.3 La végétation

Fortement liée au sol et au climat, la végétation dans la Wilaya présente des caractéristiques similaires à celles du milieu physique. La végétation prédominante est celle de la steppe, les forêts composées essentiellement de maquis et garrigues n'est présente que sur les sommets des montagnes de l'Atlas Saharien.

Dans l'Atlas Saharien, les parcours sont variés et sont compris entre les isohyètes de 300 m et 400 m, il s'agit des zones steppiques les plus favorisées.

2.4 La géologie

La nature géologique de l'assiette d'El Bayadh est constituée d'argile, de grès, des poudingues et des dépôts lacustres, avec des séries de base qui sont souvent constituées de gypse .La zone d'étude fait partie du *synclinal* d'El Bayadh qui est située au niveau de l'Atlas Saharien.

Limitée par Chott Ech-Chergui (Hautes Plaines Oranaises) au Nord et par le domaine Pré-Atlasique au Sud, le synclinal d'El Bayadh forme une cuvette de direction générale Nord-Est/Sudouest et s'étend sur une largeur de 10 Km et d'une longueur de 80 Km dont ses schémas structuraux typiquement atlasiques sont bien représentés par une succession de synclinaux et d'anticlinaux étirés.

2.5 Climat

Sur le plan climatologique, la Wilaya est caractérisée par deux périodes principales qui expriment le contraste important durant l'année à savoir :

- Un hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige.
- Un été chaud et très sec.

Ce qui favorise l'apparition des plantes résistantes à la sécheresse. La situation dont découle des écarts thermiques brusques et importants : Pluviométrie très irrégulière et varie de 200 à 300 mm durant l'année, on peut assister à plusieurs mois de sécheresse ou d'années de suite. Température qui laisse apparaître des changements temporels (un hiver froid de température moyenne de 6° C et un été chaud de 36° C).

2.6.1 Le cadre climatique :

L'une des majeures causes de la dégradation et de la détérioration de l'état de la steppe dans la région d'El-Bayadh, c'est bien la **sécheresse**. Ce phénomène est dû aux variations de deux principaux facteurs climatiques, d'une part aux températures élevées et d'autre part à une faible pluviométrie. Le régime saisonnier des précipitations classe le climat dans le type méditerranéen accentué par les précipitations d'automne et d'hiver. Les pluies tombent le plus souvent sous forme d'averses orageuses et torrentielles, quelquefois mêlées à la grêle. La tranche pluviométrique annuelle dans les zones steppiques est comprise entre l'isohyètes 100 et 400 mm (Le houerou, 1995).

Les bioclimats caractérisant la steppe algérienne varient du semi-aride inférieur frais au Nord à l'aride inférieur tempéré au Sud (Nedjraoui, 2004).

2.6.1.1-Les données brutes :

2.6.1.1.1 Les données thermiques:

Le régime des températures est très influencé par l'altitude car celle-ci renforce les gelées d'hiver mais aussi elle adoucit les températures d'été (Couderc, 1973).

A El-Bayadh, la température la plus élevée est notée en juillet avec 35,7 ° C. La plus basse est de 0.5° C signalée en décembre (**tableau 1**).

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles, maxima et minima de la région d'El-Bayadh(2020).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
M °C	12,2	13,7	15,9	21,2	23,3	29	35,7	34,6	27,8	18,1	10,9	7,5
m °C	0,8	3,8	4	7,8	11,6	16	21,6	21,3	17,1	10,1	2,9	0,5
(M+m)/2	6,5	8,75	9,95	14,5	17,45	22,5	28,65	27,95	22,45	14,1	6,9	4

Source : www.infoclimat.fr, 2021

2.6.1.1.2 Les données pluviométriques :

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leur intensité, leur fréquence et leur irrégularité, les pluies ont une influence énorme sur le model de la région.

Selon l'étude faite par (Hirche, 2007) sur plus de 90 ans, une nette différence est constatée entre les deux moitiés du siècle précédant dont les moyennes mobiles sont, durant les trois dernières décennies, systématiquement en dessous de la médiane et de la moyenne. Il apparaît de la fin des années 1970 à la fin des années 1990, une tendance à l'assèchement nette et durable.

Depuis 1997, l'augmentation de la pluviosité est perceptible, mais elle n'arrive pas encore au niveau des excédents du début du siècle et surtout l'intermède humide est d'assez courte durée.

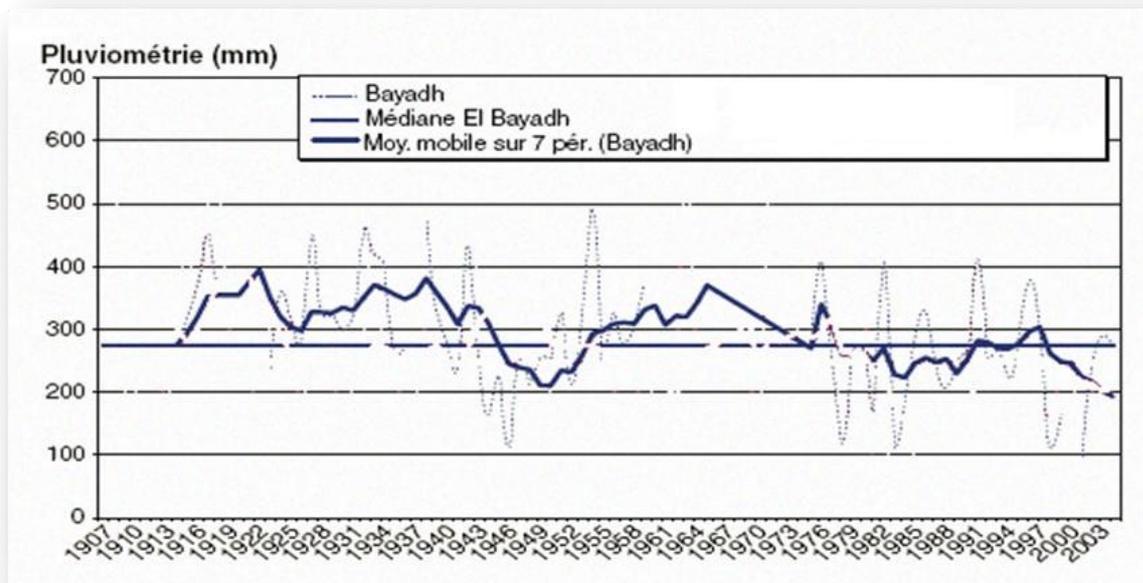


Figure 16: Cumuls pluviométriques annuels de la région d'El-Bayadh de 1907-2003

La saison de pluie est caractérisée par une période sèche et une période pluvieuse, de ce fait une bonne distribution de ces deux périodes est primordiale pour le développement de la végétation, la saison sèche est par définition celle où se manifestent, pour la plupart des plantes, des conditions de stress hydrique plus ou moins intense et plus ou moins continue. (Mammeri 2009)

Tableau 2 : Précipitations mensuelles de la région d'El-Bayadh en 2008.

mois	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Septe	Octob	Nov	Dece	Total
P (mm)	9,66	14,7 2	24,1 3	0,76	30,7 4	35,5 6	5,6	12,44	38,86	174,75	27,17	51,3 2	425,71

A El-Bayadh les mois les plus pluvieux en 2008 sont octobre avec 174,75 mm et décembre avec 51,32 mm. Par contre les mois les plus secs sont avril (0,76 mm) et juillet (5,6 mm).

2.6.1.2-Les données synthétiques

Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Pour préciser à quel type de climat appartient la région d'El-Bayadh il a fallu faire deux figures. La première est le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen qui concerne les climats méditerranéens et qui traite de la répartition des précipitations au cours de l'année et qui permet de faire ressortir

les périodes de sécheresses et humides. La deuxième, c'est le climagramme d'Emberger qui met en évidence à quel étage bioclimatique appartient la région d'El-Bayadh.

La période humide en 2019 commence du mois de février jusqu'à la fin du mois de mai, Elle dure 4 mois. Cependant la période de sécheresse va du mois de juin jusqu'à la fin de janvier. Elle s'étale sur 8 mois.

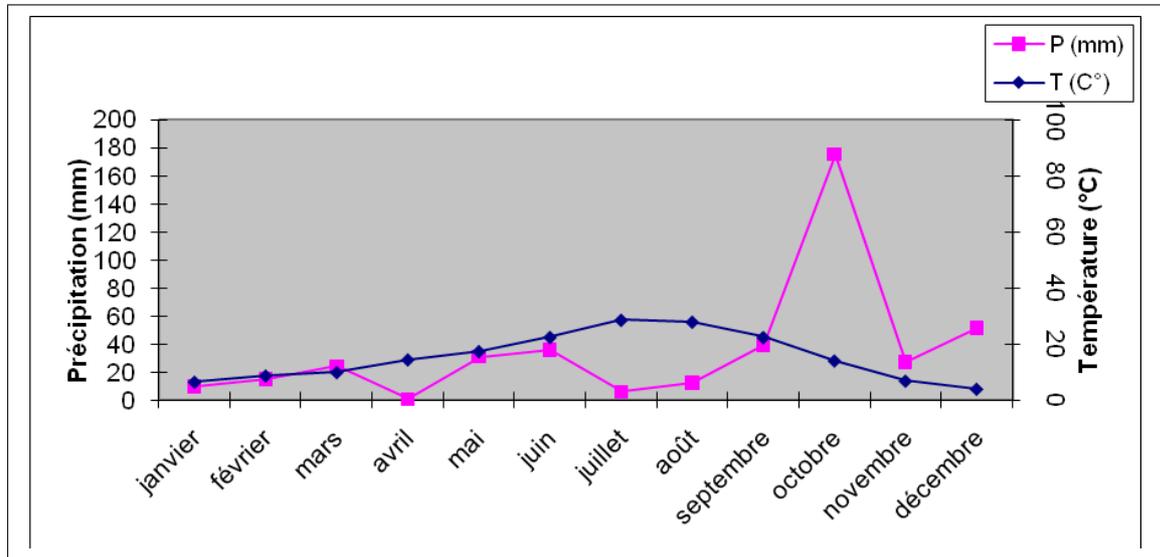


Figure 17 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'El-Bayadh (2020)

2.6.1.2.1 Climagramme d'Emberger :

Le calcul du quotient Q₃ est possible grâce à la formule suivante :

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Q₃ : Quotient pluviothermique d'Emberger

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud

m. : Moyenne des températures minima du mois le plus froid

Q₃ est égal à 16.3 de ce fait, la région d'étude appartient à l'étage bioclimatique aride à hiverfrais

$$Q_3 = 39,46$$

Tableau 3 : précipitations moyennes de la région d'El-bayadh (1994-2018)

années	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Précipitation (mm)	201,42	225,08	330,73	248,65	193,26	206,01	201,92	422,46
Tm (°c)	-0,6	-0,7	-0,4	-0,7	-0,5	-0,8	0,5	-0,3
TM (°c)	34,1	37,4	34	34,4	35,2	33,1	33	34,2
TM-Tm (°c)	34,7	38,1	34,4	35,1	35,7	33,9	32,5	34,5

années	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Précipitation (mm)	240,04	229,65	424,25	240,81	396,58	313,98	176,79	176,81
Tm (°c)	-0,8	-1,4	0,5	-0,8	1,3	1,4	-0,6	-0,4
TM (°c)	33,1	34,9	35,3	34,2	34,2	35,2	35,6	36,1
TM-Tm (°c)	33,9	36,3	34,8	35	32,9	33,8	36,2	36,5

années	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Précipitation (mm)	148,83	107,42	223,31	426,98	318,77	266,23	314,93	162,93	425,71
Tm (°c)	-2,4	0,9	-0,2	0,4	0,5	-3,1	-2,6	0,4	0,5
TM (°c)	35,4	36	34,2	36,5	34,6	36,4	35	34,7	35,7
TM-Tm (°c)	37,8	35,1	34,4	36,1	34,1	39,5	37,6	34,3	35,2

*La moyenne des précipitations des dernières vingt-cinq ans (1994 – 2018) à El-Bayadh est égale à 264,94 mm.

*La moyenne des températures moyennes des dernières vingt-cinq ans (TM-Tm) est égale à 35,29.

* La moyenne des températures maxima des dernières vingt-cinq ans est égale à 34,9.

*La moyenne des températures minima des dernières vingt-cinq ans est égale à -0,4.

$$Q = 3,43 \times p / (M-m)$$

$$Q = 3,43 \times 264,94 / 35,29$$

$$Q = 25,75.$$

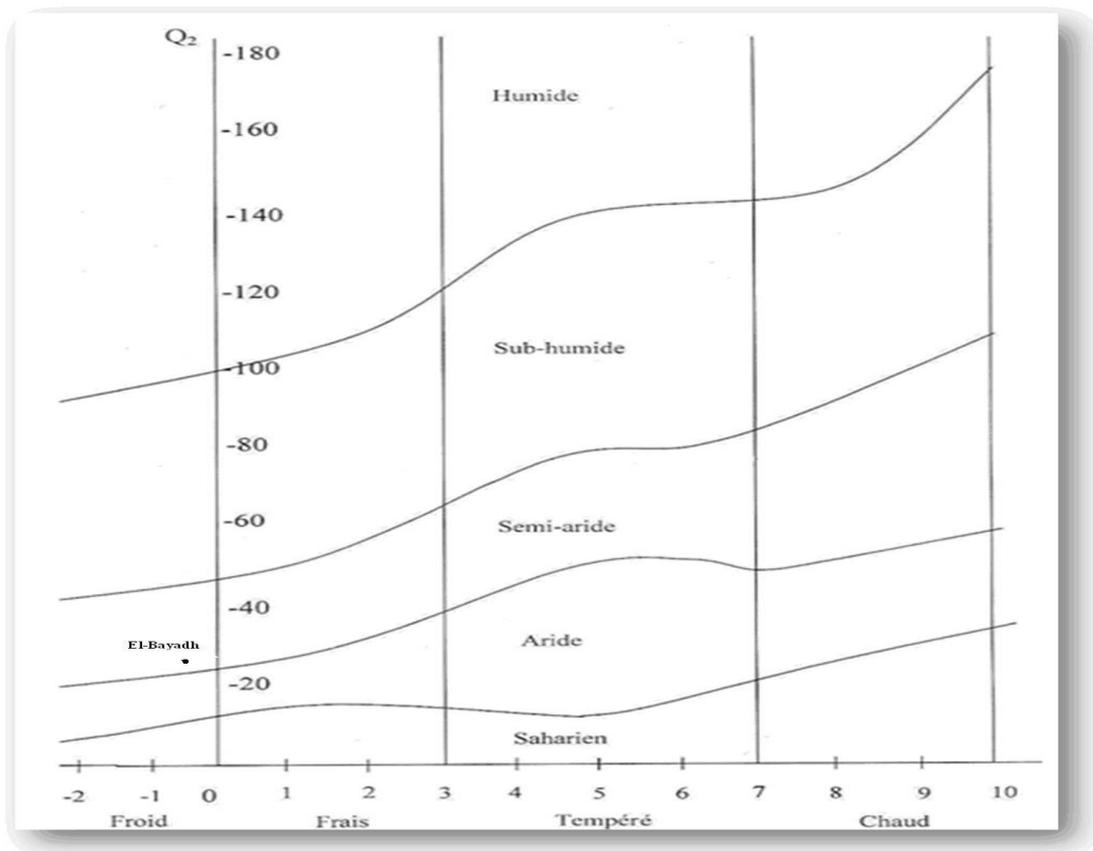


Figure 18 : Climagramme d'Emberger de la région d'El-Bayadh (1994-2018)

2.6.2 Les phénomènes secondaires :

2.6.2.1 Les vents :

Le vent le plus néfaste est le sirocco, vents chaud et sec venu du Sahara soufflant vers le Nord. Ce vent souffle en 20 à 30 jours sur les hautes plaines.

Le sirocco peut souffler à toute époque de l'année, mais il est rare pendant les mois les plus froids. Il souffle le plus en Juillet et en Août, provoquant des orages, mais son passage pendant la saison printanière grille les récoltes prêtes à être fauchées et brûle les jeunes pousses des pâturages et précipite l'arrivée de l'été. Chargé de sable, il détériore le système aérien des végétaux, accumule des dépôts au pied des touffes et déchausse les touffes et leurs rhizomes exposés aux turbulences.

Dans la région d'El-bayadh en mai et juillet 2018, la plus forte vitesse du vent a été enregistrée, en atteignant 25.8 km/h qui correspond probablement aux vents chauds de

type : sirocco.

2.6.2.2 Les gelées :

La gelée est fréquente généralement durant la période hivernale. Elle est due à l'abaissement de la température au dessous de 0 °C. Le nombre de jours de gelée par an est 10 jours dans la région d'El-Bayadh en 2018.

2.6.2.3 L'enneigement et la gelée blanche :

Les gelées blanches constituent l'une des plus importantes caractéristiques du climat des zones arides. C'est un phénomène très marquant et très visuel à l'œil nu. Elles constituent également un facteur limitant pour le développement de la végétation. Elles durent en moyenne plus de 100 jours par an et s'étendent de novembre à février. Elles contribuent également à l'abaissement des températures nocturnes qui peuvent atteindre un seuil minimal de moins de dix degrés.

La neige a lieu en moyenne 13 jours durant l'année. Elle constitue un apport en eau appréciable surtout pour la végétation au début du printemps.

2.6 Hydrologie de la zone :

La Wilaya compte 108 forages en exploitation d'AEP et irrigation d'un débit de 1 047 l/s, 34 puits avec une dotation de 44 l/s, et 09 ressources d'un débit de 29 l/s. Sur les 108 forages, 85 sont destinés pour la satisfaction des besoins AEP, 18 pour les besoins de l'industrie et le reste, à savoir 5 forages, sont destinés à l'irrigation. La Wilaya dispose d'un grand barrage situé à Brézina (Sud de la Wilaya) pour une capacité initiale de 122.60 millions m³ et actuelle

estimée à

108.47 Hm3. Ce barrage est destiné à l'irrigation d'une superficie de 1200 ha.

2.8 Données Hydrographique :

Le réseau hydrographique du bassin versant alimentant le cours d'eau de la ville présente unchevelu assez dense dans la majorité de sa superficie. Ce bassin est traversé par trois Ouedsprincipaux :

- Oued Deffa au nord.
- Oued Chadli au Sud-Est.

Les caractéristiques du bassin versant d'Oued Deffa sont présentées dans le (tableau 4)

Tableau 4 : Caractéristiques du B.V d'Oued Deffa, à l'exutoire de la zone d'étude

DESIGNATION	UNITES	VALEURS
Surface	Km ²	108.20
Périmètre	Km	54.22
Longueur du talweg le plus long	Km	16.51
Altitude maximale	m	1940.0
Altitude minimale	m	1304.0

2.9 Situation actuelle de la zone d'étude

La zone d'étude prend naissance de 1.5 à 2 kilomètres en amont de l'entrée de la ville et ce par rapport au pont menant vers Haouadh et Tiaret.

Une partie de la ville a fait l'objet d'une étude en 2010 – 2011 pour le réaménagement de l'Oued Deffa particulièrement dans sa partie urbaine jusqu'à la confluence avec l'Oued Merires à l'aval. La protection de la ville a été réalisée:

- Sur l'Oued Deffa
- Le long du cours d'eau situé au nord de la ville
- Le ''quartier Annesser''

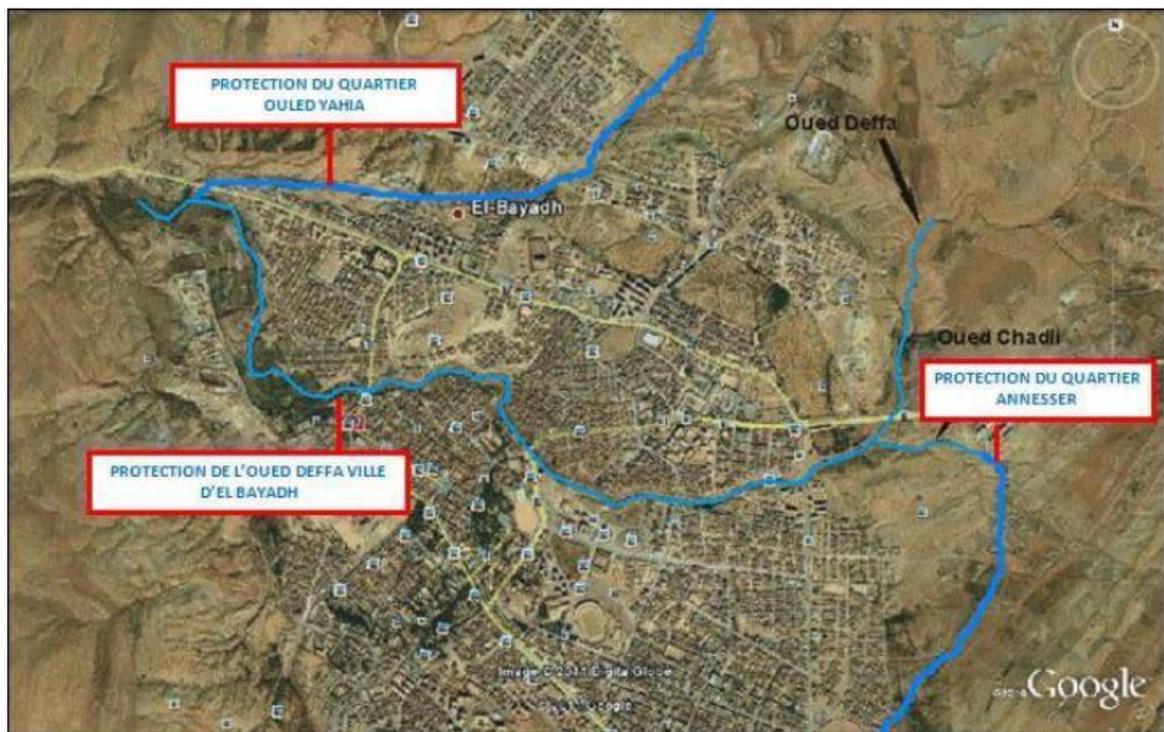


Figure 19 - Carte de protection - GOOGLE EARTH 2021

2.9.1 Description de la zone d'étude :

Lors de la reconnaissance de la zone d'étude, il a été remarqué la présence d'habitations très proches par rapport au cours d'eau au niveau de la partie urbanisée.

En amont de la ville, les zones sont dégagées, comme le montre les photos ci-dessous de l'Oued Saffiet affluent de l'Oued Deffa.



Photo 1 : Oued Saffiet en amont de l'Oued Deffa

Photo 2 : Pont sur Oued Saffiet avec charriage

A l'entrée de la ville, il a été reconnu que le pont menant vers, Tiaret d'une longueur dépassant les 100 mètres avec la présence à l'amont de ce pont, une conduite d'AEP qui traverse le cours d'eau.



Photo3 : Pont menant vers Tiaret entrée de la ville avec une conduite d'AEP

En amont du pont Grabba, il a été remarqué dans la rive gauche que des remblais ont été déposés, ce qui a permis la création d'un marché. Les remblais mis en dépôt atteignent les 3-4 mètres de hauteur au-dessus du mur de protection. Des excédents de terres sont poussés par des engins dans le canal, atteignant une hauteur de deux (02) mètres, ce qui réduit la section d'écoulement. En aval, il a été constaté une réduction de la largeur du canal allant de 23 à 11 m au niveau du pont Grabba. Il est à signaler que ce pont s'est écroulé lors des inondations du 1 au 2 Octobre 2011 et qu'il a été reconstruit par la suite.



Photo 4 : Quartier Grabba



Photo 5 : Pont Grabba, rétrécissement de section

C'est d'ailleurs au niveau de ce pont qu'a probablement commencé l'inondation avec des débordements de la lame d'eau de plus de 5 mètres de hauteur au-dessus de la protection qui a été réalisée qui, elle-même, a une hauteur de 5 mètres.



Photo 6 : Niveau d'eau atteint en pointillés rouge au-dessus de la maison de la culture

Un canal de protection a été réalisé avec des voiles en béton armé d'une hauteur de 6 mètres, et une largeur de canal allant de 20 à 40 mètres en fonction des endroits et des espaces disponibles en égard aux habitations érigées au bord de cet oued. La pente du canal est de 0.0011 m/m.

Lors de la crue du 1 au 2 Octobre 2011, quelques murs se font effondrés, comme présenté dans les photos ci-dessous:



Photo 7 : Oued Deffa avec les voiles de protection en partie détruits



Photo 8 : Oued Deffa avec les voiles de protection en partie détruits

2.9.2 Historique des inondations de la ville d'El Bayadh

Pour apprécier l'importance de la protection de la ville d'El Bayadh contre les inondations, il y a lieu de signaler que plusieurs épisodes de crues ayant eu pour conséquence la surélévation du niveau d'eau dans l'oued avec inondation des biens et des pertes en vies humaines. Un historique d'inondations a été établi allant de 1990 à 2011, le tableau IV.2 résume les importantes inondations ayant frappés la ville durant cette période, il est à remarquer que les inondations du 1 au 02 Octobre 2011 sont celles qui ont engendré le plus de dégâts dont quatorze personnes sont mortes et 400 familles sinistrées.

Tableau 5 : Historique des inondations de 1994 à 2011 dans el bayadh

Daïra	Commune	Historique (date des inondations pour la plus longue période possible)	Lieu dit (quartiers zones ou secteurs touchés)	Nature des dégâts		
				Humains (Morts et blessés) (Nombre)	Sinistrés (Nombre)	matériels
El Bayadh	El Bayadh	03-04/1990	Oued Deffa centre ville	/	06	/
El Bayadh	El Bayadh	13-14-15/03/1991	Oued Deffa	/	214	/
El Bayadh	El Bayadh	18/10/1991	Oued Deffa	12 Blessés	09	/
El Bayadh	El Bayadh	1/6/1993	Oued Deffa	03 Morts	20	/
El Bayadh	El Bayadh	22-23/09/1994	Oued Deffa	/	04	/
El Bayadh	El Bayadh	27/02/1995	Oued Deffa	/	12	/
El Bayadh	El Bayadh	09/04/1997	Oued Deffa	01 Mort	/	/
El Bayadh	El Bayadh	23/10/2000	Oued Deffa	/	/	/
El Bayadh	El Bayadh	29/03/2004 16-17/04/2004	Oued Deffa	02 Morts /	/	01 Véhicule 02 Véhicules 01 Véhicule
El Bayadh	El Bayadh	22/04/2004	Oued Deffa	/	25	02 Camions
El Bayadh	El Bayadh	29/04/2004	Oued Deffa	01 Blessée	39	01 Véhicule
El Bayadh	El Bayadh	23/05/2004	Oued Deffa	/	20	/
El Bayadh	El Bayadh	22,23 et 24.04.2011	Oued Deffaa	Non communiquée	Non communiquée	/
El Bayadh	El Bayadh	01 au 02.10.2011	Oued Deffaa	13 morts	400	

2.9.3 Analyse des inondations de la ville d'El Bayadh par ASAL

Suite aux inondations qui ont touché la ville d'El Bayadh dans l'après-midi du 1 octobre 2011, l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL), a programmé la couverture de la région sinistrée par des images du satellite algérien Alsat-2A et a aussi déclenché, en coordination avec la Direction Générale de la Protection Civile, la charte internationale « Espace et Risques Majeurs ». Dans ce cadre, l'ASAL a réalisé un travail visant la délimitation de la zone inondée et l'évaluation préliminaire des impacts de ces inondations sur les habitations et les infrastructures.

Nous présentons ci-après l'article puisé dans le site d'ASAL et les données ayant servi à ce travail Sont : Des Images satellitaires à haute résolution couvrant la région d'El Bayadh, prises avant et près

les inondations :

- Images des satellites **Worldview-1** et **Worldview-2** à 50 cm de résolution.
- Images du satellite **Kompsat** à 01 m de résolution.
- Images du satellite **SPOT-5** à 2,5 m de résolution.
- Images du satellite **Alsat-2A** à 2,5 m de résolution.

1. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) ayant servi à l'extraction automatique du réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Deffa et à sa hiérarchisation L'exploitation des images satellitaires prises avant et après les inondations, a permis la délimitation de la zone inondée par la détection de l'humidité des sols, qui a été mise en évidence à travers les analyses multi-spectrales effectuées sur les images du satellite Alsat-2A et Worldview-2 Il ressort de ces analyses d'images, les éléments d'informations suivants:

- La surface inondée dans les deux rives de l'oued Deffa, a touché plus de 23 hectares sur

un périmètre de 4,5 Km.

- Un pont situé dans la partie Ouest de la ville a été sérieusement endommagé et deux passerelles ont été emportées.

Aussi, l'analyse des images satellites a montré que les eaux de la crue de l'Oued Deffa du 1 octobre 2011, chargées d'apport solide et de débris charriés par cet Oued, ont débordé sur la rive droite à l'entrée de la ville (en amont : entrée Est de la ville), à quelques centaines de mètres à l'Est du pont du 20 août 1956, reliant El Bayadh à l'aéroport

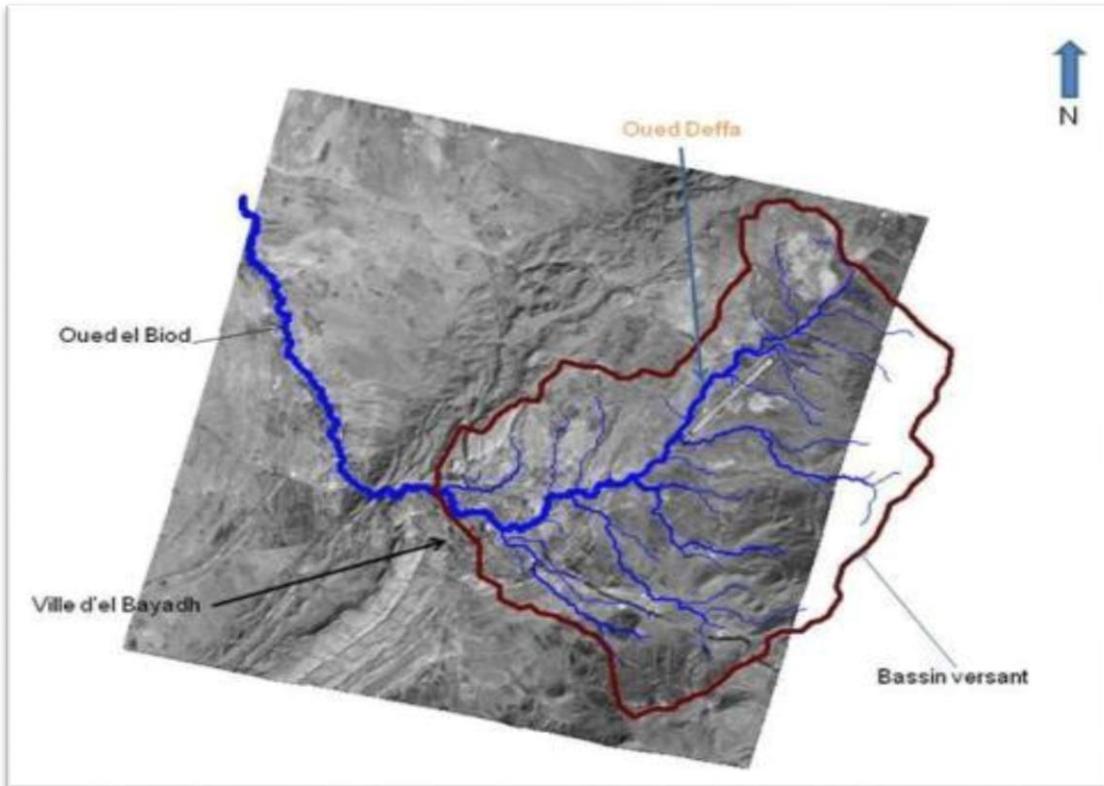
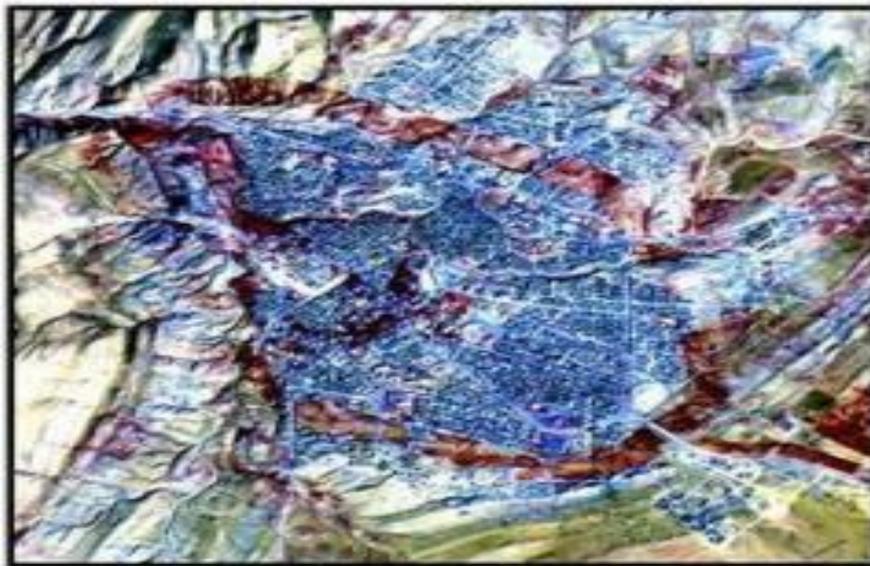


Figure 20 : Superposition du réseau hydrographique hiérarchisé du bassin versant de l'oued deffa sur une ortho image Alsat-2A prise sur El Bayadh et ses environs (ASAL).

image Alsat-2A du 07 février 2011



Avant

Figure 21 : Détection de la zone inondée par l'identification de traces d'humidité de part et d'autre de l'oued Deffa, grâce à une analyse diachronique des images Alsat-2A, prises avant les inondations (ASAL)

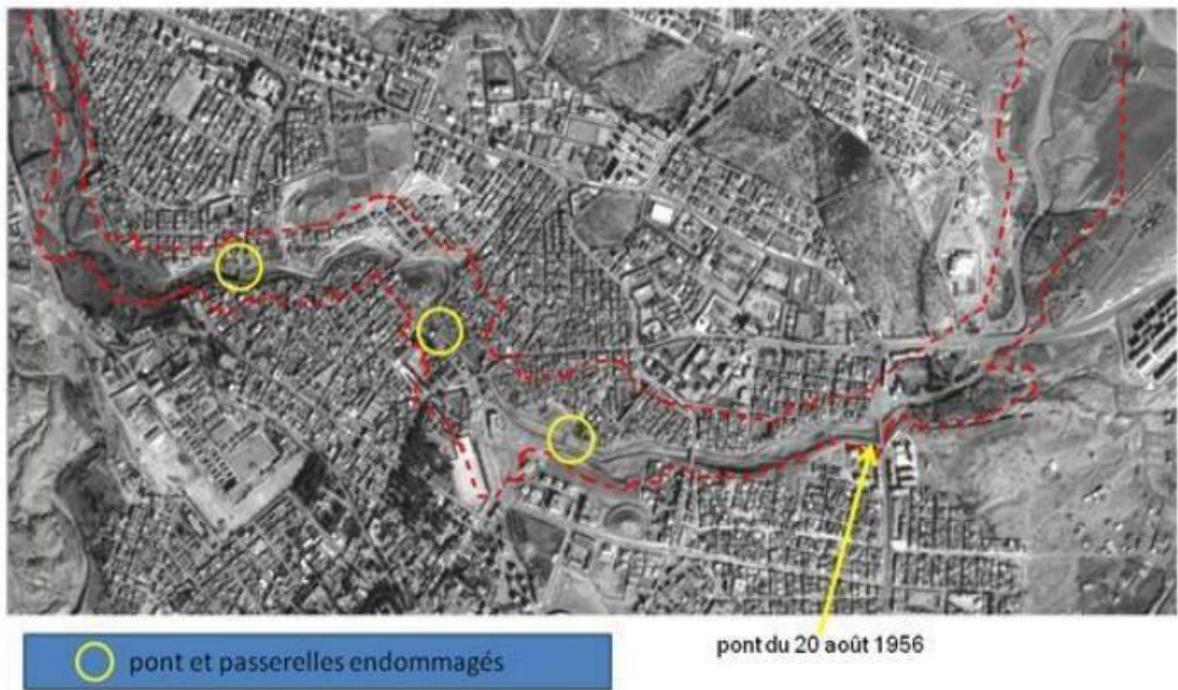


Figure 22 : Vue globale de la zone inondée (ligne rouge en pointillé) superposée sur une image Alsat-2A (© ASAL)



Figure 23 : Impact de l'inondation visible sur les images du satellite Kompsat

(© KARI)



Figure 24 : Impacts de l'inondation identifiés sur les images du satellite Kompsat (©KARI), matérialisés par la destruction de deux passerelles (cercle en jaune).



Figure 25 : La délimitation de la zone inondée réalisée à partir des Images du satellite

Worldview-2

Conclusion

A partir des résultats obtenus de la présentation zone d'étude, on peut citer les causes et facteurs

aggravant les inondations qui sont essentiellement due à :

- L'urbanisation de la région mal réfléchie (Béton et constructions illicites);
- La réduction de la section mouillée du lit avec les déblais jetés par la population dans le cours d'eau ;
- La géologie du site constitué essentiellement d'argile et de gypse ce qui favorise le ruissellement des eaux de surfaces

Chapitre 03:

Impact de changement climatique sur les ressources en eau

3.1 Potentialites en ressources hydriques :

La région d'étude recèle d'importantes potentialités hydriques superficielles et souterraines concentrées essentiellement au niveau des chotts, de synclinal d'El Bayadh et des aquifères mais Ce potentiel hydrique n'arrive pas à satisfaire les besoins quotidiens des usagers et des secteurs économiques de la région. De ce fait, les organismes gestionnaires (Agence Nationale des Barrages, Algérienne des Eaux, Direction de l'Hydraulique de la Wilaya, Agence des Bassins-versants et Office d'Assainissement) ont élaboré une stratégie d'approvisionnement en eau par le biais des transferts inter et intra-wilaya. Ces transferts sont destinés à alimenter la population et les différents secteurs économiques.

Tableau 6 : Ressources et mobilisation des eaux [6]

	Nombre	Capacité
Châteaux d'Eau	54	11380
Réservoirs	88	35 990
Barrages (Larouia Brezina)	01	123
Petits Barrages	4	-
Retenues Collinaires	6	-
Ressources Mobilisées		
	Mobilisables	Mobilisées
Eaux Superficielles (hm3)	123	11,50
Eaux Souterraines (hm3)	292,25	71,34
Ressources exploitées (AEP & Irrigation)		
	Nombre	Débits l/s
Forages	83	1 047
Puits	34	44
Sources	09	29

Sur le plan hydrologique, la région est caractérisée par 3 parties:

- La partie Nord est drainée vers les chotts Chergui qui constituent l'exutoire de tout le bassin versant des hautes plaines oranaises.
- La partie de l'Atlas saharien, composée du massif de l'Atlas renferme d'importants aquifères dans les formations synclinales, exploitées par forages profonds à débits canalisés.
- Les piémonts de la plateforme saharienne (formations aquifères du Complexe Terminal), qui par l'intermédiaire des grands oueds sahariens, réalimentent une partie du Grand Erg Occidental.

Sur le plan hydrographique, un réseau assez important draine la zone des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien. Il est peu développé et ses écoulements temporaires dus aux averses sont conditionnés par le relief. Les oueds qui prennent naissance dans les sommets et versants des reliefs montagneux traversent les vallées et dépressions, bifurquent vers le Nord ou le Sud et franchissent les plis en cluse pour se perdre, soit dans le bassin fermé (Chott Chergui), soit dans le Sahara. Dans les hautes plaines steppiques, le

réseau hydrographique est diffus à écoulement intermittent, où les oueds à caractère endoréique se déversent dans des dépressions fermées de Chott Chergui. Dans la partie de l'Atlas saharien et le domaine présaharien, le réseau hydrographique est plus important, plus dense et plus hiérarchisé que celui de la zone nord, et ses écoulements empruntent des itinéraires déterminés par la structure et l'orientation du relief. Le relief a favorisé la formation d'un système de bassins versants siège d'un important réseau hydrographique qui alimente de nombreuses zones humides naturelles et artificielles: les oasis de Boussemghoun et Brézina; le barrage de Larouia (Brézina). Sur le plan hydrogéologique, la région d'étude comprendra deux entités différentes, représentées par l'atlas saharien occidental dont lesquels on retrouve l'aquifère du Continental Intercalaire .

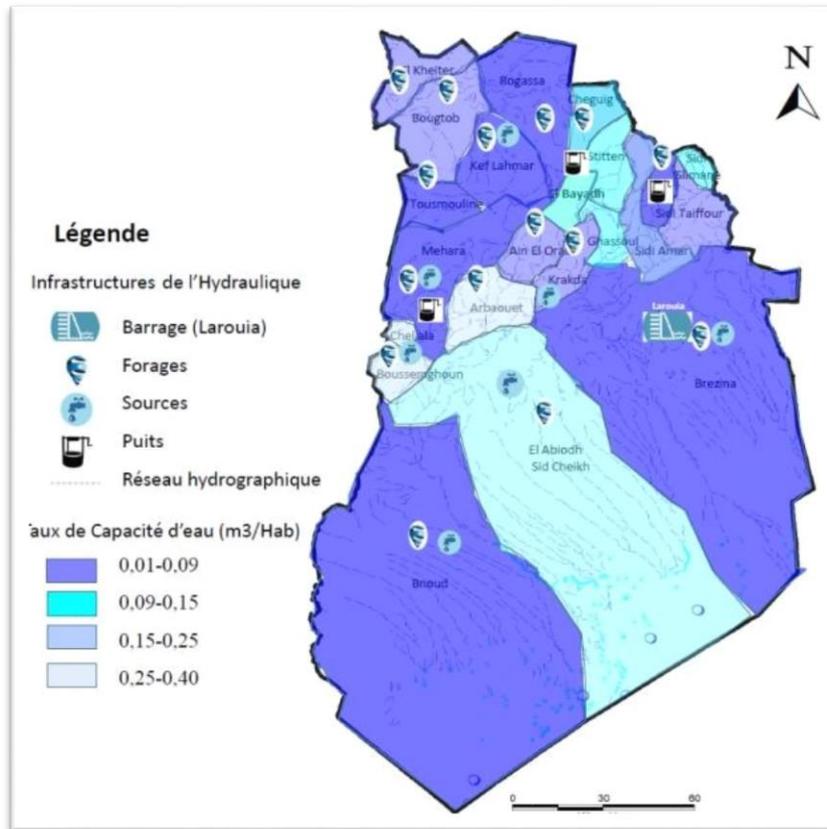


Figure 26 : Ressources et infrastructures hydrauliques dans la wilaya d'El-Bayadh

3.1.1 Calcule des differents Parametres climatiques :

Cette étude du climat et bioclimat se base sur le traitement automatisé de plusieurs matrices de données relatives des données climatiques durant les périodes de 25 ans (ancienne : 1918-1938 et récente : 1993 à 2017). Le calcul d'autres indicateurs climatiques, on utilise les données climatiques (Précipitations et Températures) des stations météorologiques qui se trouvent dans le territoire d'El Bayadh.

Tableau 7 : Principales stations météorologiques de référence de la région d'étude.

Stations	Latitude	Longitu de	Altitud e
El Bayadh	33° 40' N	01° 00' E	1341 m
El Kheither	34° 09' N	00° 04' E	1000 m
El Abiodh Sidi Cheikh	32° 53' N	00° 32' E	903 m

Tableau 8 : Les indicateurs à calculer sont comme suit :

Indice d'aridité de Martonne	I= P/T+10. Où P : Pluviosité moyenne annuelle (mm), T= Température moyenne annuelle (°c).
Continentalité thermique (CT) [12]	M-m M-m < 15 °C Climat insulaire 15 °C < M-m < 25 °C Climat littoral 25 °C < M-m < 35 °C Climat semi-continentale M-m > 35 °C Climat continental Plus l'indice est faible plus le climat est aride, et plus grand plus le climat est humide
Régime saisonnier RS	Le régime saisonnier présente la variation saisonnière : la somme de la pluviométrie saisonnière d'Hiver, printemps, Eté & Automne

Quotient pluviothermique (Q2) [13,14]	$Q2 = [2000P / M^2 - m^2]$ Où : Q2 : le quotient pluviothermique, P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm), M : la moyenne des maxima thermiques du mois le plus chaud en en Kelvin, m : la moyenne des maxima thermiques du mois le plus froid en en Kelvin,
Ecart Thermique	ET=T° (période récente)- T° (Période ancienne)

3.1.2 Resultats et discussion : Les ressources en eau mobilisé au niveau de la région d’El-Bayadh sont estimées à 349.63 Hm³ /an (eaux de surfaces et eaux souterraines) destinées aux secteurs d’alimentation en eau potable, hydraulique agricole d’une part et 114200 hectares la superficie des périmètres irrigués proposée d’autre part. ces données mettent la wilaya d’El Bayadh en position d’être une région à vocation agricole, dans toutes ses zones : nord (Kheiter, sidi Amar, Boualem) et sud (zone présaharienne et saharienne (Brezina, EL Abiodh sidi cheikh et Bnoud, Boussemgoun , Chelala et Mehara, Arbaouet) et pastorale dans les autres régions [15].

V.1. Paramètres climatiques Une simple comparaison des résultats obtenus à travers les différents indices climatiques sur les deux périodes (1913- 1938 et 1983-2008). L’utilisation des indices climatiques, mis en évidence par des critères statistiques, a permis de caractériser les différents phénomènes climatiques et de mieux apprécier leur évolution dans le temps et dans l’espace

Tableau 9 : Comparaison des données et indices climatique entre les deux périodes d’étude dans les stations

Périodes	P1 (1913-1938)		
	El Bayadh	El Kheither	A S Cheikh
Stations			
P (mm)	326	258	149
m °C	-1,8	0,77	0,5
M °C	33.5	34.99	37,4
T° moy	13.7	12,29	17,75
E T	1,45	-0,38	1,8

RS	AHPE	PAHE	AHPE
CT : M – m (°C)	35,3	34,22	38,1
Climat	semi-continental	semi-continental	continental
I climat	13,8	9,33	4,65
	Semi-aride	Steppique	Hyper-aride
Q2	32	20,9	11,6
climat	Semi-Aride Supérieur à Hiver Froid	Aride moyen à Hiver Frais	Saharien Supérieur à Hiver Frais
P2 (1990-2014)			
P (mm)	283,86	243,68	138
m °C	-0,35	0,39	2,3
M °C	34,88	37,08	38,6
T° moy	15,48	16,56	17,74
Ecart Thermique	1,38	1,79	1,2
RS	APHE	AHPE	APHE
CT : M – m (°C)	35,23	36,69	35,1
Climat	continental	continental	continental
I climat	11,1	9,17	4,97
	Semi-aride	Steppique	Hyper-aride
Q2	27,8	22,8	13,4
Climat	Aride Supérieur à Hiver Froid	Aride Inférieur à Hiver Frais	Saharien Supérieur à Hiver Frais

3.1.3 L'analyse des résultats :

L'analyse des différents résultats (**Tab 9**) des stations comparées entre les deux périodes (1913-1938 et 1990-2014) dans la région de d'El-Bayadh nous permet de confirmer le changement climatique: - En général la pluviométrie demeure faible, irrégulière de fortes variations inter annuelles, elle est hétérogène dans le temps et dans l'espace, cette irrégularité des fréquences confirme l'apparition des périodes sèches qui ont sévit dans la région durant les années 1992, 1995, 1998, 1999, 2001, 2002, 2004 et 2013. -La comparaison

entre les séries pluviométriques (1913-1938 et 1990-2014) met en relief le caractère de la diminution ou de l'augmentation des pluies notables qui est un phénomène de l'évolution climatique quasi général et qui a touché l'ensemble de la région d'étude ou du territoire national tant au nord qu'au sud du pays. Ce qui manifeste par une variabilité interannuelle de la pluviosité moyenne annuelle importante, et une diminution de pluviométrie de 17 à 27% et une augmentation de la saison sèche de 2 mois en un siècle. - Une nette augmentation de l'aridité. Cela provient de la sécheresse induite par l'abaissement des précipitations et l'augmentation des températures minimales et maximales. Ce qui traduit par prolongement les durées périodes de sécheresse dans l'ensemble des stations.

- Tous les indicateurs convergents vers une sécheresse persistante, même si des épisodes pluviométriques importants se produisent ils n'arrivent pas à combler le déficit pour inverser la tendance. - En revanche dans la période récente (1990-2014), le plus remarquable enfin est le passage vers un régime de type APHE pour les la majorité des stations d'étude. Ce passage aux pluies dominantes d'automne est significatif d'une accentuation du caractère océanique du climat. Ce qui indique que la pluviosité s'est donc accrue pendant la saison froide, et l'été tend à devenir la période sèche: par conséquent, les régimes saisonniers actuelle (P2) sont nettement changé ce qui explique par leur « degré de continentalité ». L'étude de la variabilité saisonnière est indispensable, pour voir si la baisse ou la hausse de la pluviométrie est spécifique à une saison particulière ou à plusieurs saisons, cela permet de mieux visualiser la chronologie des totaux de pluies saisonnières dans le temps. - une augmentation significative des températures maximales entre les deux périodes; donc la série des maximas connaît une franche augmentation qui touche l'ensemble des mois de l'année, cette situation est répercutée au niveau mensuel où le relèvement des températures fluctue entre 0,3°C à 1,5°C induisant à l'échelle annuel une augmentation moyenne de 0,5°C. Ce qui indique par un réchauffement climatique plus marquée de la région d'étude. Cette modification des températures se manifeste par des conséquences sur le métabolisme et le développement de la faune et la flore, la croissance, la respiration, la composition des tissus végétaux et les mécanismes de photosynthèse. - L'amplitude constatée et prévue du changement climatique est considérable, mais plus que celle-ci, c'est son extrême rapidité qui nous place dans grande incertitude et nous inquiète. Il serait par conséquent irresponsable de ne pas réagir face aux menaces pesant sur les espèces végétales et l'homme. - La région d'étude est fortement marquée par l'aridité croissante qui s'accroît du Nord au Sud. Cela provient de la sécheresse induite par l'abaissement des précipitations et l'augmentation des températures minimales et maximales (cas de l'année 2001, pluviométrie est de 100mm à El Bayadh, - Changement (Déplacement et variation) des étages bioclimatiques des stations de la région. Ce type de

changement climatique provoque sans doute aussi un changement de formation végétale. La modification du taux du Q2 par rapport à l'ancienne période ce qui a pour conséquent le décalage de l'étage bioclimatique du Saharien supérieur inférieur vers le Saharien moyen (cas d'El Abiodh Sidi Cheikh). La station d'El Bayadh est déplacée de l'étage semi-aride moyen froid en période ancienne vers l'étage aride supérieur à hiver froid en période récente. V.2. Impacts directs et indirects du changement climatique sur les ressources en eau Les changements climatiques remarquables risquent d'avoir des incidences sensibles sur l'environnement de la région. Si les changements sont importants, donc le risque est grand. D'après Nassopoulos, les impacts du changement climatique sur les ressources hydriques et l'agriculture en Méditerranée sont néanmoins préoccupants, notamment parce que les conséquences sur la disponibilité en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire peuvent avoir des effets catastrophiques sur le bien-être des populations. Les principales conséquences du changement climatique sur les ressources en eau sont: -D'après la comparaison de différents indices climatique on constate une augmentation de la température; une diminution des précipitations; un déplacement des isohyètes bioclimatique et une accentuation des extrêmes (sécheresse inondations); -la baisse des niveaux statiques des nappes phréatiques et alluviales, - l'insuffisance, le tarissement et l'ensablement des points d'eau, - Accentuation de ces phénomènes météorologiques, qui seront de plus en plus violents et dangereux -une baisse constante des réserves d'eau souterraine des principales nappes aquifères ; - la perte des terres cultivables et la diminution de la production agricole et le déficit fourrager, - la réduction des superficies des terres de parcours, agricoles et pastorales - importants dégâts subis des infrastructures par la détérioration de la route (routes, chemin de fer) - salinisation et dessèchement par le phénomène d'évaporation des eaux de surface, cas des zones humides et des points d'eaux (daya, oued, ..) a conduit la disparition de la biodiversité (flore & faune) ;

-Une sécheresse hydrologique, qui est caractérisée par une baisse du débit des cours d'eau, du niveau de remplissage des barrages, de la recharge des nappes phréatiques, ainsi que du taux d'humidité du sol, qui pris ensemble constituent les différents facteurs de la sécheresse . - Une sécheresse plus prononcée au niveau des steppes occidentales au cours des dernières décennies - Les risques d'inondations des pluies torrentielles et des orages comme ceux qui ont ravagé la région d'ElBayadh en 2009. - Déclin de la biodiversité par l'effet de la sécheresse sur une baisse de la biodiversité végétale et animal -une aridité croissante dans les régions sèches provoquant la dégradation du couvert végétal et entraînant par là même un processus de désertification . - La Vulnérabilité édaphique par l'érosion hydrique et éolienne qui diminue le couvert végétal. Donc la dénudation des sols entraîne une baisse de la fertilité des sols, et une perte de capacité à stocker l'eau et à recharger les nappes phréatiques - Accentuation d phénomène de la désertification et de l'ensablement sur la

dégradation des parcours steppique et la réduction de la capacité de production des systèmes de cultures et d'élevage ovin dans les zones arides.

3.2 Des solutions a envisager :

Compte tenu de ce qui précède, il nous paraît que plusieurs types d'actions doivent être envisagées :

- Installation d'un réseau expérimental équipé d'appareils faisant appel aux technologies nouvelles au niveau des capteurs, du stockage de l'information et éventuellement de sa transmission.
- Régionalisation des résultats en termes de rapport pluie-ruissellement par l'utilisation conjointe de la télédétection et des modèles numériques de terrain.
- Utilisation des techniques radar et satellitaires pour l'estimation des précipitations à l'échelle régionale.
- Utilisation de l'imagerie satellitaire pour le suivi et l'estimation des volumes d'eau apportés par les crues dans les zones d'épandage et d'infiltration

Pour s'en tenir aux résultats escomptés à la fin du projet, la mise en place de ce réseau doit avoir pour objectifs:

- de démontrer l'adéquation des matériels proposés aux problèmes spécifiques de l'hydrologie saharienne et plus généralement à ceux rencontrés dans des zones difficiles d'accès et, leur fiabilité;
- de fournir des renseignements hydroclimatologiques utilisables tant à l'échelle de la zone couverte par le réseau, qu'à l'échelle régionale, ce qui implique:
 - d'implanter le réseau là où existe déjà une structure opérationnelle de l'A.N.RH. susceptible de le tester et de le gérer,
 - de choisir une zone représentative d'un ensemble régional plus vaste dans lequel une connaissance des écoulements superficiels est nécessaire pour l'exploitation et la gestion des eaux souterraines issues des nappes alluviales.

Conclusion :

La zone de elBayaddh n'a pas été épargné par l'effet du changement climatique qui s'ajoute à l'effet de la surexploitation des eaux souterraines. Cet effet se manifeste par : i) une tendance à la hausse des températures avec un réchauffement de l'ordre de 2 °C et une tendance généralisée à la baisse des précipitations de 20 %; ii) une dépression du niveau piézométrique pendant les années sèches et une modeste remontée au cours des années pluvieuses, avec une tendance générale à la baisse et iii) une dégradation de la qualité des eaux en s'éloignant des vallées (source d'infiltration d'eau de surface dans l'aquifère). Les résultats isotopiques ont montré que la recharge de l'aquifère dépend des précipitations et que le renouvellement de l'aquifère turonien est faible. La complémentarité des approches hydroclimatiques, hydrodynamiques, hydrochimiques et isotopiques ont abouti au diagnostic de l'état de vulnérabilité des aquifères du El Bayadh face au changement climatique. Cependant, la mise au point d'une stratégie d'exploitation rationnelle permettrait de valoriser ses eaux tout en sauvegardant ses potentialités à long terme. Ainsi, le recours à des ressources non conventionnelles, telles que les eaux de mer dessalées pour l'alimentation en eau potable ou les eaux usées épurées pour l'agriculture, doit être considéré comme une priorité afin d'éviter le déclenchement d'une situation sérieuse de pénurie en eau.

Références bibliographique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNELL N - Climate-change and global water resources. SRES-Emissions and socio-économique-scénarios.Global environnement change. (2004).
- ALEXANDER M (1982).Most probable number method for microbial-populations
- Nedjraoui D., Boughani A. et Hirche A. Interaction changements climatiques désertification en Algérie , Université des Sciences et de la Technologie , Algérie (2009)
- Djellouli F. (2016). Les Ressources En Eau Dans La Wilaya d'ElBayadh : realite, innovation et développement. Rev Alinsan Wa Elmadjal: Revue Scientifique Internationale Académique. Institut S.H.S-Cu-Nour Bachir El-Bayadh
- Nichane M et Khelil M.A. (2015). Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation
- Agence Nationale des Barrages
- Haut Commissariat au Développement de la Steppe 2010
- IPCC Special Report on Climate Change and Land (2007)
- l'Agence Spatiale Algérienne 2011
- Les images du satellite Kompsat(© KARI)
- ONM 2009
- www.researchgate.net
- A N R H (2009). Agence Nationale des ressources hydriques.
- A.N.A.T (2003).carte de végétation de la région d'El-bayadh.
- GIEC (2007)
- Page Web: www.anrh.dz
- www.infoclimat.fr