



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique
Université Abd el Hamid Ben Badis - Mostaganem
Faculté des Sciences Exacte et de l'Informatique
Département de Chimie



**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
Master**

Spécialité : Adaptation au changement climatique et gestion des risques
naturels

Thème

**Le Changement Climatique et les ressources en eau en
Algérie, comprendre les impacts et construire l'adaptation**

Présenté par : **NABI Mahdjouba**

Devant le jury composé de :

Président :	M ^r . BELHAKEM Ahmed	U.M.A.B
Examineur :	M ^r . FARAH Taher	U.M.A.B
Encadreur :	M ^r . CHOUIEB Mohamed	U.M.A.B

Année universitaire : 2015 / 2016

Le mémoire de fin d'étude est réalisé au laboratoire de recherche sur la biodiversité, conservation des sols et des forêts.

Résumé

Ce mémoire de master « le changement climatique et les ressources en eau en Algérie: comprendre les impacts et construire l'adaptation » s'est réalisé dans le cadre du projet européen Tempus « Building CLIM change ADAPTation capacity in Morocco ,Algeria and Tunisia CLMADAPT » en collaboration entre le département de chimie de la faculté des sciences exacte et de l'informatique.

Les changements climatiques n'ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Ils constituent la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux. L'eau est l'une des matières premières les plus importantes en Algérie. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa vulnérabilité aux changements climatiques, en Algérie.

Dans ce présent travail on étudier la zone expérimentale à l'aide de logiciel Arcgis, on aborde les paramètres climatiques ainsi que les différents partie du réseau hydrique et les étages bioclimatiques de l'Algérie et en termine par une discussion des résultats obtenus et aussi par l'atténuation et l'adaptation adopté par le pays sur l'influence du changement climatique sur les ressources en eau. Enfin Face à cette situation.

Mots clés

Changements climatiques, Eau, Vulnérabilité, Atténuation, Adaptation, Algérie.

Abstract

This master thesis "Climate change and water resources in Algeria understand the impacts and adaptation build" was conducted as part of the European project Tempus "Building CLIM change adaptation capacity in Morocco, Algeria and Tunisia CLMADAPT" in collaboration between the chemistry department of the faculty of exact sciences and informatics.

Climate change will have long since ceased to be a scientific curiosity. They constitute the major environmental issue that dominates our era and the major challenge that must meet environmental regulators. Water is one of the most important raw materials in Algeria. Because of its importance, it is essential to know its vulnerability to climate change in Algeria. In the present work we study the experimental zone using Arcgis software, we address climate parameters and different part of the water network and the bioclimatic zones of Algeria and concludes with a discussion of the results and also by mitigation and adaptation adopted by the country on the influence of climate change on water resources. Finally Faced with this situation.

ملخص

لقد اثار التغيرات المناخية الفضول العلمي منذ فترة طويلة. فهي تشكل القضية البيئية الرئيسية التي تهيمن على عصرنا والتحدي الرئيسي الذي تواجهه الجهات التنظيمية البيئية. تعتبر المياه واحدة من المواد الخام الأكثر أهمية في الجزائر. نظرا لأهميتها، فمن الضروري أن تتعرض لتغير المناخ في الجزائر. ففي هذا العمل نقوم بدراسة منطقة معينة باستخدام ، حيث نعالج المعطيات المناخية و الموارد المائية بالجزائر، ونختتم بمناقشة للنتائج والطرق ArcGIS برنامج الالكتروني ..التي تبنتها البلاد من اجل التخفيف والتكيف مع تغيرات المناخ على الموارد المائية

Liste des figures

Figure 1 : Emission de Gaz à effet de serre	6
Figure 2 : Exemple d'activité humaine polluante rejetant des gaz à effet de serre. (Baie d'Arzew)...	7
Figure 3 : réserve d'eau dans le monde	10
Figure 4 : Les nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT)....	13
Figure 5 : sécheresse intense observée, près de Béni Abbés, Algérie	17
Figure 6 : Barrage en Algérie	18
Figure 7 : Cas d'inondation aux alentours de l'Algérie	19
Figure 8: Organigramme méthodologique.....	24
Figure 9 : géographie de l'Algérie.....	27
Figure 10 : Le système aquifère du Sahara septentrional.....	28
Figure 11 : les étages bioclimatiques.....	31
Figure 12 : Température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie	33
Figure 13 : carte pluviométrique de l'Algérie (1913-1963).....	36
Figure 14 : régions hydrographiques.....	40
Figure 15 : Carte des ressources en eau souterraine.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pluviométrie moyenne annuelle des différentes régions de l'Algérie	34
Tableau 2 : les besoins en eau.....	38
Tableau 3 : Envasement des barrages.....	39
Tableau 4 : les bassins versant situé aux régions hydrographiques.....	41
Tableau 5 : Statistiques des précipitations annuelles en années normales, sèches et très sèches.....	42
Tableau 6 : Ressources en eaux potentielles et mobilisables (ANRH).....	45
Tableau 7 : Etat des réserves des barrages en exploitation.....	47

Liste des abréviations

Ppm : Partie Par Million

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

CI : Continental Intercalaire

CT : Complexe Terminal

AEP : Alimentation en Eau Potable

SIG : Système d'Information Géographique

E.T.P : L'évapotranspiration potentielle

l'A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydrique

MAO : Mostaganem-Arzew-Oran

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 Changement climatique et ressources en eau (en Algérie)

Introduction	3
1) Le climat mondial	3
1-1) Les impacts du changement climatique qui ont déjà été observés à l'échelle régionale...	3
2) Les indicateurs de l'évolution climatique.....	4
2-1) L'augmentation de la température de surface sur la Terre	4
2-2) La température des océans	4
2-3) La réduction de la surface des glaces océaniques arctiques	4
2-4) Les calottes polaires de l'Antarctique et du Groenland.....	4
2-5) Le niveau moyen des océans	5
2-6) Les indicateurs biologiques	5
3) Les facteurs d'évolution du climat	6
3-1) L'augmentation des concentrations atmosphériques de quelques gaz à effet de serre ...	6
3-1-1) La vapeur d'eau	6
3-1-2) Le dioxyde de carbone (CO ₂)	6
3-1-3) Le méthane (CH ₄).....	6
3-1-4) Le protoxyde d'azote (N ₂ O)	6
4) Climat de la région Méditerranée	7
5) Le climat méditerranéen de l'Algérie.....	7
6) Changements climatiques en méditerrané (Algérie).....	8
7) Les réserves en eau dans le monde	9
8) Les formes d'eau disponible sur Terre.....	10
8-1) Les précipitations	10
8-2) Les glaciers	10
8-3) Les bassins fluviaux.....	10
8-4) Les zones humides	11
8-5) Les nappes phréatiques	11
9) Les ressources en eau en Algérie	11
10) Les caractéristiques naturelles du territoire algérien.....	11
11) Les potentialités globales en eau.....	12

12) Situation de l'eau en Algérie	14
13) Réserves souterraines	14
14) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques en Algérie	15
14-1) La rareté des ressources en eau	15
14-2) Perturbation des écoulements des eaux	15
14-3) L'évaporation des eaux de surface	15
14-4) Les inondations.....	15
15) Impact des changements climatiques sur les ressources en eau en Algérie.....	16
15-1) Le Changement climatique, un facteur aggravant	16
16) Les impacts de changement climatique sur les écoulements de surface	16
16-1) Les changements affectant les eaux de barrages	17
16-2) Le changement climatique affectant les nappes phréatiques.....	18
16-3) Les risques d'inondations	18
16-4) Les menaces aux zones humides.....	19

Conclusion

Chapitre 2 Matériel et méthodes

Introduction.....	21
I- Matériel	21
1-1) Système d'Information Géographique.....	21
1-2) Les éléments constitutifs d'un SIG	21
1-3) Utilisation d'un SIG	21
2) La cartographie assistée par ordinateur.....	22
3) Les logiciels utilisés	23
4) Méthodes d'approche	24
5) La zone d'étude et de recherche (l'Algérie).....	25
5-1) Carte d'étude.....	27
6) Le système aquifère du Sahara septentrional	28
7) Etude hydro-climatique de la zone d'étude.....	29
7-1) Un étage bioclimatique subhumide	29
7-2) un étage bioclimatique désertique (hyperaride)	30

8) Les facteurs thermiques.....	32
8-1) Températures maximales et fortes évaporations	32
9) Les facteurs hydriques	33
9-1) Précipitations	33
10) Climat et variabilité pluviométrique	37

Conclusion

Chapitre 3 Résultats et discussions

Introduction	38
1) Données de base sur les ressources en eau	38
2) Régions hydrographiques.....	38
3) Inondations	41
4) Sécheresse	42
5) Ressources naturelles.....	42
5-1) impact de la sècheresse sur les Zones humides.....	42
6) atténuation et Adaptation	43
6-1) Potentiel en eau mobilisable.....	43
6-1-1) Le potentiel en eau superficielle	43
6-1-2) Le potentiel en eau souterraine	43
6-2) Dessalement de l'eau de mer	45
7) Utilisation des ressources en eau	45
7-1) Eaux superficielles.....	46
7-1-1) Barrages.....	46
8) La stratégie d'adaptation dans le secteur des ressources en eau	47
Conclusion	49
Conclusion final	50

Introduction

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. ⁽¹⁾ L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, et le niveau des mers s'est élevé. ⁽¹⁾ Tous les experts du monde sont d'accords, à moyen terme, dans trente ans, le climat va subir de graves et variés désordres. Selon eux, la montée de la température fera fondre une partie de la banquise et des glaciers montagneux, le niveau des mers et des océans monté. Certaines régions du monde seront exposées à de violents ouragans, à des déluges répétitifs et d'autre à des sécheresses graves, fréquentes et prolongées. Les avancées des déserts vont s'accélérer. Pour un pays comme l'Algérie, dans trente ans, si ce n'est déjà fait, l'avancée du désert au Sud et de la mer (salinité) au Nord. Le changement climatique est maintenant largement considéré comme l'une des menaces les plus importantes pour l'environnement et l'avenir de la planète. Le changement climatique progressif dans le futur présuppose que l'agriculture va continuer à se développer et que les périodes de récoltes vont s'allonger. L'Europe du nord, la Russie et l'Amérique du Nord vont prospérer au niveau agricole tandis que l'Europe du sud, l'Afrique, l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud vont souffrir de sécheresses, de la chaleur, de pénurie d'eau et d'une production diminuée.

Depuis quelques années, on entend de plus en plus parler de l'eau comme étant le grand enjeu du XXIe siècle. Dans le monde entier on parle régulièrement de sécheresses. L'eau est un enjeu essentiel pour le siècle à venir. Les secteurs, agricole, industriel, domestique, utilisent de grandes quantités d'eau, mais de façon inégale selon les régions du monde. L'objet de cette synthèse est de cerner et de comprendre l'ensemble des éléments essentiels de la problématique de l'eau aujourd'hui, en termes d'adéquation besoin/ressource. ⁽¹¹⁾

Outre son utilisation domestique, il faut aussi se souvenir que l'eau est utilisée de façon massive par l'agriculture irriguée, qui permet de produire plus de la moitié de la nourriture mondiale, et par l'industrie, en particulier pour la production d'énergie (et pas seulement pour refroidir les centrales thermiques). ⁽⁶⁾

Les ressources hydriques sont vulnérables aux variations climatiques. L'eau et sa gestion sont des problèmes conditionnant l'avenir de l'Algérie, le changement climatique pourrait placer notre pays dans des situations inconfortables puisque le volume maximal d'eau mobilisable serait déficitaire d'ici 2025. ⁽²⁶⁾

L'objet de notre étude est de déterminer les changements climatiques apparus dans l'Algérie suivre leurs impact sur les ressources en eau pour enfin proposer un plan de gestion de ces

ressources en eau qui n'est pas toujours renouvelables ainsi comment s'adapter au nouveau climat.

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons articulé notre travail sur les chapitres suivants :

Chapitre 1 :

En présente une synthèse bibliographique sur les changements climatique et les ressources en eau dans l'Algérie donc en entame des donnée de base sur le climat et ces variabilités aussi sur le réseau hydrique bien qu'il est souterrain que superficiel.

Chapitre 2 :

Dans ce chapitre en présente du matériel utilisé comme le logiciel Arcgis et les outils nécessaires en parle aussi de l'étude climatologique et géographique de la zone (l'Algérie) aussi les cartes réalisées

Chapitre 3 :

Dans ce dernier chapitre en discute les résultats obtenus de l'impact de changement climatique par l'outil cartographie en interprète d'abord les variabilités du climat et les répercussions sur les inondations et les sécheresses et en finisse par une conclusion.

Introduction

Depuis des millénaires, le climat de la Terre varie selon les époques et les lieux. Les changements observés s'étalent généralement sur des longues périodes qui atténuent la perception que l'homme peut en avoir à un moment donné. Au cours des dernières décennies cependant, les changements climatiques semblent s'être accélérés. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que le public s'interroge sur la réalité de ces changements, leurs causes, leur devenir et, plus encore, leurs conséquences immédiates et lointaines sur les modes de vie, la santé, les écosystèmes et l'économie. ^{(10) (21)}

Abondante ou rare, l'eau est la force conductrice de la nature. La santé et le bien-être de l'humanité, tout comme la survie des écosystèmes de la planète, reposent sur l'eau. Et pourtant, la rareté et le mauvais emploi des réserves d'eau douce mettent notre avenir en péril. L'eau n'a-t-elle pas été considérée comme un don du ciel inépuisable et gratuit ? ^{(10) (27)}

L'humanité pourrait manquer d'eau durant ce siècle ou du moins la ressource risque de devenir inaccessible dans certaines zones de la planète. L'Algérie en est un. Elle est confrontée à un manque d'eau important dû à la semi-aridité de son territoire, aux faibles précipitations, et à la sécheresse qui sévit d'année en année face à des besoins qui ne cessent d'augmenter. ^{(12) (10)}

1) Le climat mondial

Augmentation des précipitations à l'est du continent américain, au nord de l'Europe et en Asie du nord et centrale et augmentation des événements de fortes précipitations sur la planète.

Sécheresses plus intenses et plus longues, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales, dans le Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et en Asie du sud. ⁽⁴⁷⁾

Diminution des ressources en eau et baisse des rendements agricoles dans certaines régions du globe parmi les plus vulnérables (Asie, Afrique) ce qui risque d'engendrer des crises alimentaires. ⁽⁴⁰⁾

1-1) Les impacts du changement climatique qui ont déjà été observés à l'échelle régionale

Le changement climatique à l'échelle régionale affecte déjà de nombreux systèmes naturels. Par exemple, on observe de plus en plus que la neige et la fonte de la glace et que le sol gelé dégelé. De plus, on note que les processus liés au cycle de l'eau et les systèmes biologiques changent et sont parfois perturbés, que les migrations débutent plus tôt que par le passé et que les aires de répartition géographique de certaines espèces se déplacent vers les pôles. ^{(1) (29)}

Bien que des lacunes subsistent dans les connaissances actuelles, il est probable que ces effets soient liés à l'influence humaine sur le climat. Au niveau régional, cependant, il est difficile de faire la part des choses entre ce qui découle de la variabilité naturelle du climat et les effets du changement climatique. ^{(1) (25)}

Certains impacts inattendus du changement climatique commencent à devenir apparents à l'échelle régionale. Ainsi, par exemple, la fonte des glaciers peut menacer les agglomérations de montagne ainsi que les ressources en eau et, dans les zones côtières, les dégâts liés aux inondations augmentent ^{(1) (25)}

2) Les indicateurs de l'évolution climatique

2-1) L'augmentation de la température de surface sur la Terre

Elle est de $0,8 \pm 0,2$ °C depuis 1870. Elle reste notablement différente pour les deux hémisphères : plus forte au Nord et plus forte aux hautes latitudes. ⁽¹⁾ Une variabilité entre continents est également observée. Les variations climatiques naturelles (El Niño, éruptions volcaniques, Oscillation Nord-Atlantique) y sont visibles. ⁽²⁰⁾

2-2) La température des océans

Elle est mesurée depuis les années 1950 par les bateaux de commerce ou les navires océanographiques (jusque vers 700 m de profondeur) et plus récemment par le système de bouées, montre une augmentation moyenne globale depuis quelques décennies. ⁽²⁰⁾ Le contenu d'énergie thermique de l'océan a donc aussi augmenté, surtout depuis le début des années 1980. Ce réchauffement n'est pas uniforme. Il présente une importante variabilité régionale avec d'importantes oscillations pluriannuelles, voire décennales. ^{(20) (32)}

2-3) La réduction de la surface des glaces océaniques arctiques :

La banquise, dont la fonte ne contribue pas à l'élévation du niveau des océans, est un autre indicateur fort de l'accélération de l'évolution du climat : de 8,5 millions de km² stable dans la période 1950-1975, la surface des glaces de mer a connu une décroissance très rapide jusqu'à 5,5 millions de km² en 2010. ⁽³²⁾

2-4) Les calottes polaires de l'Antarctique et du Groenland

Les calottes polaires ont un bilan total de masse négatif depuis une dizaine d'années. Si quelques régions élevées de l'intérieur des calottes, en particulier Antarctique, s'épaississent un peu par suite de précipitations neigeuses accrues, la perte de masse domine.

Celle-ci s'effectue dans les zones côtières du Groenland et de l'Antarctique de l'Ouest par écoulement très rapide de certains glaciers vers l'océan et décharge d'icebergs. On pense que le réchauffement des eaux océaniques dans ces régions est la cause majeure des instabilités dynamiques observées. ^{(1) (55)}

2-5) Le niveau moyen des océans

Il est un autre indicateur qui intègre les effets de plusieurs composantes du système climatique (océan, glaces continentales, eaux continentales). Avant 1992, le niveau de la mer était mesuré par des marégraphes le long des côtes continentales et de quelques îles : le niveau des océans, en moyenne annuelle sur toute la planète, s'est élevé à un rythme de 0,7 mm/an entre 1870 et 1930 et d'environ 1,7 mm/an après 1930. ⁽¹⁾ Depuis 1992, les mesures sont effectuées par satellites : la hausse du niveau moyen global de la mer est de l'ordre de 3,4 mm/an. À cette élévation moyenne se superposent des oscillations pluriannuelles, liées à la variabilité naturelle du système climatique. Depuis le début des années 1990, les contributions climatiques à cette élévation sont approximativement dues, pour un tiers à la dilatation de l'océan consécutive au réchauffement et, pour les deux autres tiers, aux glaces continentales -à parts quasi égales, fonte des calottes polaires du Groenland et de l'Antarctique d'une part, et fonte des glaciers continentaux d'autre part. ⁽⁵⁴⁾

2-6) Les indicateurs biologiques

Tels que les déplacements de populations animales terrestres ou marines et l'évolution des dates d'activités agricoles saisonnières, montrent aussi la survenue d'un réchauffement climatique. Bien que difficiles à quantifier, ces éléments sont importants et ont des conséquences dans de nombreux domaines d'activités professionnelles où ils sont largement pris en compte. ⁽⁴⁴⁾

3) Les facteurs d'évolution du climat

On observe l'évolution de certains des facteurs susceptibles d'avoir un effet plus ou moins important sur l'équilibre du climat.

3-1) L'augmentation des concentrations atmosphériques de quelques gaz à effet de serre

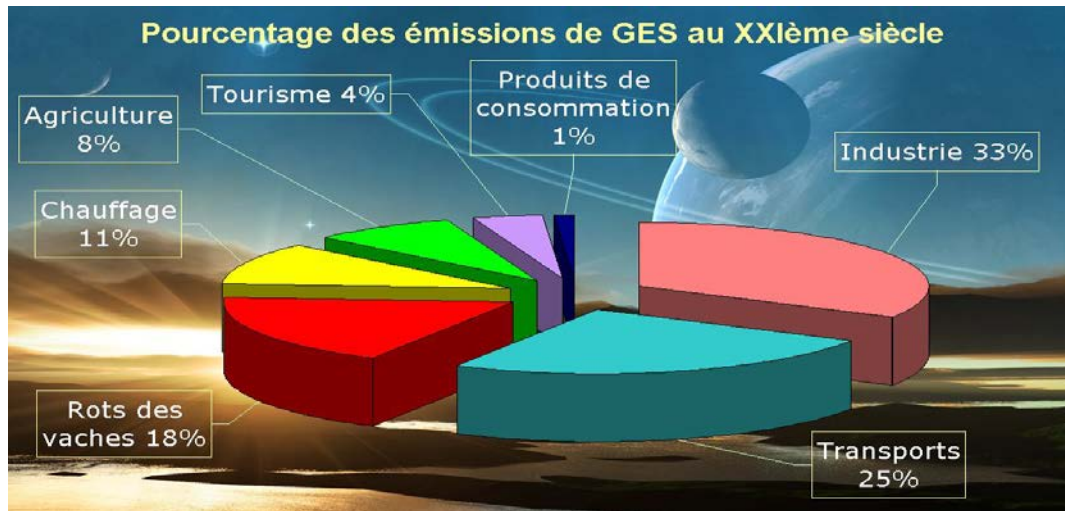


Figure 1 : Emission de Gaz à effet de serre ⁽⁷²⁾

3-1-1) La vapeur d'eau : qui se recycle rapidement et en permanence, est un élément très important, qui doit être observé avec précision sur plusieurs décennies pour donner lieu à une interprétation fiable. ⁽³⁾

3-1-2) Le dioxyde de carbone (CO₂) : sa concentration augmente continûment depuis le milieu du XIX^{ème} siècle, en raison principalement des activités industrielles, passant de 280 ppm vers 1870 à 388 ppm en 2009. ⁽³⁾ Le taux de croissance mesuré depuis 1970 est environ 500 fois plus élevé que celui observé en moyenne sur les 5 000 dernières années. Les études isotopiques montrent que l'origine de cette augmentation est due pour plus de la moitié à la combustion des combustibles fossiles, le reste aux déboisements massifs et pour une faible part à la production de ciment. ⁽⁴⁵⁾

3-1-3) Le méthane (CH₄) : dû notamment aux fermentations diverses (zones humides, ruminants, déchets domestiques, biomasse, ...), aux fuites de gaz naturels et à la fonte du pergélisol, sa concentration s'est accrue de 140 % sur la même période. Elle semble cependant stabilisée depuis 2000. ⁽⁴⁵⁾

3-1-4) Le protoxyde d'azote (N₂O) : dû en grande partie aux activités agricoles (dont la biodégradation des nitrates agricoles dans les milieux souterrains anoxiques), sa concentration

a augmenté de 20 % sur la même période. L'augmentation de l'effet de serre induit pour l'ensemble de ces trois composants est de $2,3 \text{ W/m}^2$.^{(3) (45)}



Figure 2 : Exemple d'activité humaine polluante rejetant des gaz à effet de serre.

(Baie d'Arzew)

4) Climat de la région Méditerranée

Le climat méditerranéen est caractérisé par un été sec et un hiver tempéré. Les précipitations présentent de fortes variations (entre 100 et 2.500 mm). Ce climat se rencontre au niveau des territoires bordant la Méditerranée mais également dans d'autres régions du globe telles que celles situées en Californie, au Chili, ou bien encore en Australie et en Afrique du Sud.^{(17) (25)}

5) Le climat méditerranéen de l'Algérie

Les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Au nord, les hivers sont pluvieux et froids, les étés chauds et secs. Le climat, le long de la côte, est adouci par la présence de la mer.⁽²⁵⁾

L'Est algérien est une région plus pluvieuse que l'Ouest, avec ses 2 mètres de pluie par an et des sommets enneigés d'octobre à juillet.⁽⁵²⁾

Le Nord de l'Algérie est essentiellement méditerranéen avec un contrepoids continental, dû au barrage opposé par les chaînons côtiers aux influences maritimes. La combinaison des traits méditerranéens avec les caractéristiques continentales se développe d'avantage au fur et à mesure que l'on avance à l'intérieur des hautes terres. L'hiver y est alors rigoureux et l'été chaud et sec. Les pluies insuffisantes et irrégulièrement réparties sont absentes en été et assez

fréquentes en hiver dans le Tell, et au printemps dans les hauts plateaux. Elles sont abondantes dans le Tell oriental et dans les hautes plaines constantinoises, tandis qu'elle est plus rare au sud des Aurès, et dans les hautes plaines oranaises. ⁽⁵²⁾ ⁽²¹⁾

Le pied sud de l'Atlas tellien marque la limite du climat aride : sec et tropical, avec de grands écarts de températures en hiver : la température moyenne est de 36°C le jour et 5°C la nuit. Les déserts (Sahara) se situent globalement dans la région intertropicale. La nature du désert est d'abord liée à la notion d'aridité. Les premiers travaux sur la pluviométrie indiquent que le cœur du Sahara connaît une extrême aridité et que les limites nord et sud reçoivent 100 à 150 mm de pluies par an. Les saisons de pluies font ressortir une influence méditerranéenne au nord (hiver et automne) et tropicale au sud (pluies d'été). Un couloir s'étendant du *Hoggar* à la mer rouge enregistre des pluies de printemps. Durant l'hiver, l'anticyclone d'altitude peut être repoussé vers le sud et les perturbations d'origine polaire atteignent le nord du Sahara. En été, la divergence d'altitude est plus marquée au nord du Sahara, tandis que des dépressions sahariennes peuvent se déclencher. A cette saison il existe une interaction avec le régime de la mousson africaine dont l'impact peut atteindre le *Hoggar*. ⁽¹⁸⁾ ⁽²¹⁾

6) Changements climatiques en méditerrané (Algérie)

Il est aujourd'hui largement reconnu que la région Méditerranéenne est un « hot spot » du changement climatique. Selon le GIEC une hausse des températures de 2 à 3°C est à prévoir en région méditerranéenne à l'horizon 2050, et de 3 à 5°C à l'horizon 2100. Les précipitations estivales pourraient diminuer de 35 % sur la rive sud et de 25 % sur la rive nord d'ici la fin du siècle (Giorgi, 2007). Les pays méditerranéens sont déjà confrontés à d'importants problèmes de stress hydrique, de désertification, de pertes de biodiversité et d'évènements climatiques extrêmes tels qu'inondations et sécheresses. Le changement climatique se traduira très probablement par une aggravation de ces problèmes, entraînant des pertes humaines et économiques considérables. ⁽¹⁷⁾ ⁽¹³⁾

L'Algérie a été particulièrement vulnérable aux changements climatiques et au réchauffement de la planète qui a marqué le 20ème siècle. Les données climatiques relevées dans les pays du pourtour de la méditerranée durant le 20eme siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée durant les 30 dernières années. Ces données montrent aussi une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et inondation. Ainsi l'Algérie est passée d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle dernier ? ⁽¹⁴⁾

À cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement. La sécheresse intense et persistante, observée en Algérie durant les 30 dernières années, caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30%, a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, le niveau de remplissage des réservoirs de barrages, et l'alimentation des nappes souterraines, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques du pays. En tenant compte de la sécheresse des 30 dernières années, les estimations du potentiel hydrique sont en train d'être revues à la baisse. Les stratégies de développement agricole et rural tiennent également compte de ces changements et envisagent des mesures d'adaptation. ⁽⁵⁹⁾⁽¹⁴⁾

Une grande partie du Nord de l'Algérie est extrêmement vulnérable aux variations et extrêmes climatiques, avec une sécheresse récurrente devenant un problème particulièrement grave. Les débuts des années 1990 étaient, par exemple, caractérisés par une sécheresse extrême qui a causé des pénuries d'eau et de mauvaises récoltes dans la région. ⁽⁵⁹⁾⁽¹⁴⁾

7) Les réserves en eau dans le monde

On estime qu'il y a sur la planète environ 1,4 milliards de m³ d'eau (harrois monin F 1977). Cependant la majeure partie (97%) de cette eau présente sous forme d'eau salée dans les mers et les océans. Elle est difficilement valorisable pour les activités humaines. Des 3% restants (36 millions de Km³) plus de $\frac{3}{4}$ constituent les glaciers très peu accessibles. Le $\frac{1}{4}$ restant comprend essentiellement des eaux souterraines (inférieur à 1% de l'eau totale du globe) et une faible partie sous forme d'eaux de surface contenues dans lacs et les rivières (soit 0,01% de l'eau de la planète). ⁽⁶⁾

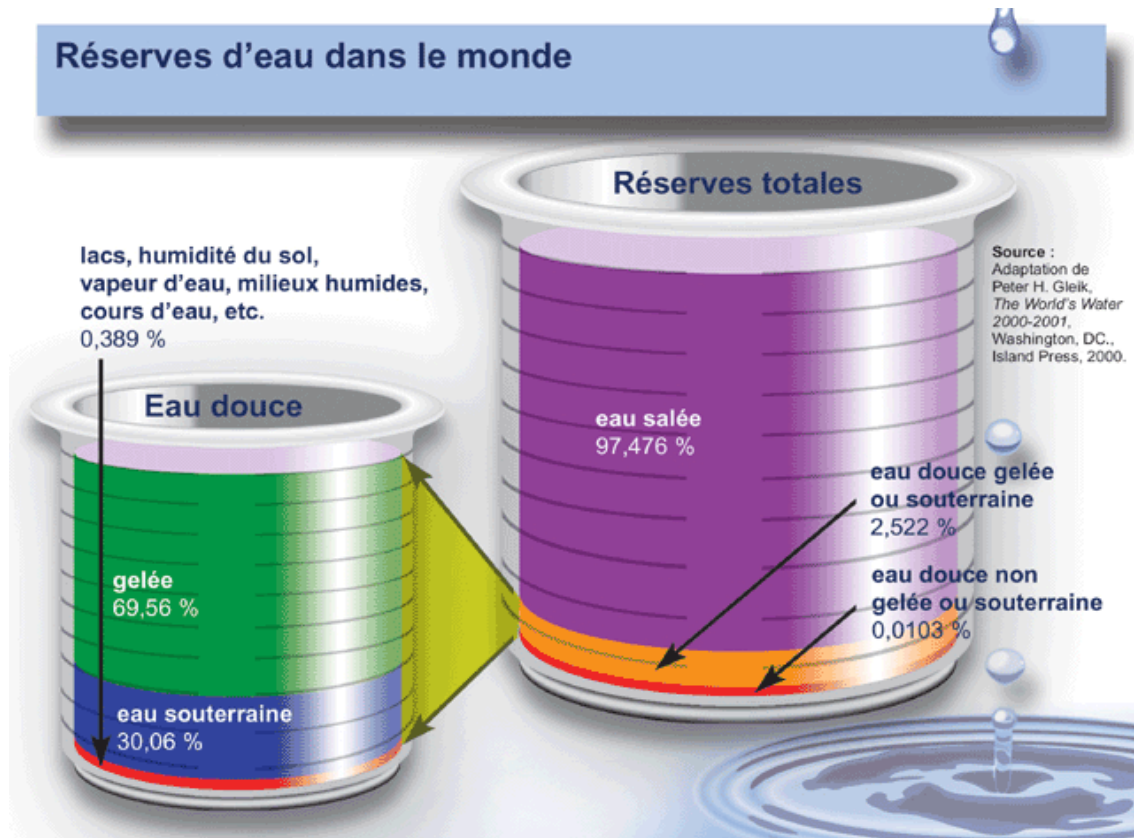


Figure 3 : réserve d'eau dans le monde ⁽⁶²⁾

8) Les formes d'eau disponible sur Terre

L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la Terre, et dans les océans. ⁽⁴⁾

8-1) Les précipitations : pluie, neige, rosée, etc. – jouent un rôle clé dans le renouvellement des ressources en eau et dans les conditions climatiques et la biodiversité locales. En fonction des conditions locales, les précipitations peuvent alimenter les rivières et les lacs, reconstituer les nappes phréatiques ou retourner dans l'atmosphère par évaporation. ⁽⁵⁸⁾

8-2) Les glaciers : ils stockent l'eau sous forme de neige et de glace et alimentent les cours d'eau locaux de quantités d'eau qui varient en fonction des saisons. Cependant, beaucoup s'amenuisent à l'heure actuelle en raison du réchauffement climatique. ⁽⁴⁾

8-3) Les bassins fluviaux : ils constituent une « unité naturelle » très utile pour la gestion des ressources en eau et nombre d'entre eux s'étendent sur plus d'un pays. Le bassin fluvial de l'Amazonie et celui du Congo-Zaïre comptent parmi les plus grands. Le débit des fleuves peut fortement varier d'une saison et d'une région climatique à l'autre. Comme les lacs contiennent

de grandes quantités d'eau, ils peuvent atténuer les différences saisonnières dans le débit des rivières et des ruisseaux. ⁽⁵⁸⁾

8-4) Les zones humides : notamment les marécages, tourbières, marais et lagunes - recouvrent 6% de la surface émergée de la Terre et jouent un rôle clé dans les écosystèmes locaux et les ressources en eau. Beaucoup de ces zones humides ont été détruites, mais celles qui subsistent aujourd'hui peuvent encore jouer un rôle important dans la prévention des inondations et le maintien du débit des rivières. ⁽⁵⁸⁾

8-5) Les nappes phréatiques : Généralement de très bonne qualité, l'eau des nappes phréatiques est principalement extraite pour fournir de l'eau potable ou pour arroser les cultures dans les zones arides. On considère que les ressources sont renouvelables à partir du moment où la nappe phréatique n'est pas vidée plus rapidement que la nature ne lui permet de se reconstituer. ^{(58) (4)}

9) Les ressources en eau en Algérie

L'Algérie, disposait, jusqu'en 2000, de 44 barrages en exploitation. La capacité théorique de cette mobilisation des eaux superficielles, avoisinait les 4.5 milliards de m³. La capacité réellement mobilisable n'excédait guère 2.5 milliards de m³ pour des raisons liées principalement à une sécheresse accrue et une irrégularité spatiale et temporelle des précipitations. Les sédiments y déposés sont évalués à 20 106 m³/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Si on considère une capacité de 3.4 milliards de m³ mobilisée par les eaux souterraines, les potentialités de mobilisation totales du pays atteignaient 5.9 milliards de m³, alors que les besoins réels étaient de 6.85 milliards de m³. En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de m³/an, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 3 milliards de m³. Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 3 milliards de m³ supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir. ^{(11) (28)}

10) Les caractéristiques naturelles du territoire algérien

Il s'étend sur 2,4 millions de km². Du Nord au Sud, on trouve trois ensembles très contrastés, différents par leur relief et leur morphologie. Tout d'abord, la chaîne du Tell et le littoral, puis

la chaîne de l'Atlas qui longe les Hautes Plaines plus au Sud, enfin, le désert saharien qui s'étend au-delà du massif de l'Atlas. C'est cette disposition du relief qui, avec les conditions climatiques, détermine le potentiel agricole et les ressources en eau du pays. ⁽²²⁾

La majeure partie du pays (87%) est un désert où les précipitations sont quasi nulles, mais qui recèle d'importantes ressources fossiles d'eaux souterraines. La partie Nord du pays est caractérisée par son climat méditerranéen ; elle dispose de ressources en eau renouvelables, tant pour les eaux de surfaces que pour les nappes phréatiques. Les 90% des eaux de surface sont situées dans la région du Tell qui couvre environ 7% du territoire. Le pays est également caractérisé par une forte disparité entre l'Est et l'Ouest. La région Ouest est bien dotée en plaines mais est peu arrosée. La partie Est du pays est une zone montagneuse où coulent les principaux fleuves. ^{(5) (22)}

11) Les potentialités globales en eau

Les potentialités globales en eau sont évaluées à 19.4 milliards de m³/an. Les ressources en eau souterraine contenues dans les nappes du Nord du pays (ressources renouvelables) sont estimées à près de 2 milliards de m³/an. Les ressources superficielles y sont estimées à 12 milliards de m³/an. Le Sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraine considérables provenant des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Les réserves d'eau y sont très importantes et sont de l'ordre de 60 000 milliards de m³ dont 40 000 milliards sont situées en Algérie. La particularité de cette ressource est qu'elle n'est pas renouvelable. ⁽¹⁹⁾

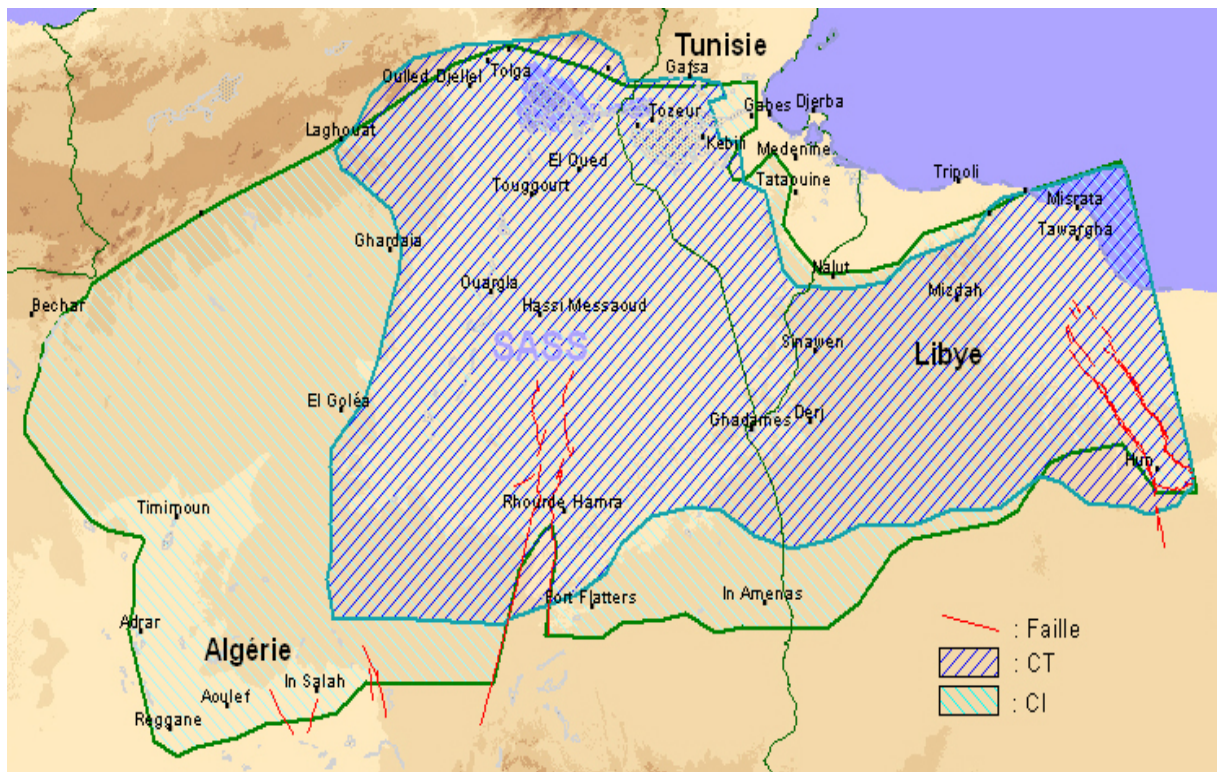


Figure 4 : Les nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) ⁽⁷¹⁾

12) Situation de l'eau en Algérie

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence qui se livrent l'agriculture ; l'industrie et l'AEP (Alimentation en Eau Potable) pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. ^{(3) (35)}

La pluviométrie moyenne annuelle en nord de l'Algérie est évaluée entre 95 et 100 10^9 m^3 plus de 80. 10^9 m^3 s'évaporent. 3. 10^9 m^3 s'infiltrent et 12.5 10^9 m^3 s'écoulent dans les cours d'eau. Dans le nord de l'Algérie l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. ^{(3) (26)}

En 2002 ; l'Algérie dispose de 52 grand barrages d'une capacité de 5.2 milliards de m^3 . Le reste (7.3 10^9 m^3) se déverse directement dans la mer. ⁽³⁾

Avec une pluviométrie quasi nulle, le sud de l'Algérie, représentant quelque 70% de la superficie totale du pays, est exclusivement alimenté en eau à partir de réserves souterraines sous formes de nappes qui servent à la fois l'irrigation agricole, l'industrie ou l'alimentation des populations locales. ⁽²⁶⁾

13) Réserves souterraines

La première réserve, la nappe phréatique localisée à une profondeur proche de la surface, soit à moins de 100 mètres généralement et se recharge avec les eaux superficielles, pluviales ou usées. Néanmoins, cette nappe est d'une moindre utilité en raison de son fort taux de salinité. Les eaux provenant de la nappe phréatique sont même déconseillées en agriculture compte tenu des sels qu'elles drainent à la surface en anéantissant la fertilité des terres.

La seconde réserve, Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. La nappe albienne ou l'aquifère du Sahara septentrional. Selon Fabienne Lemarchand, Docteur en sciences de la terre et ayant mené durant sa carrière de multiples études sur les potentialités du sous-sol africain, cette réserve « s'étend sur plus d'un million de km^2 sous l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Elle recèle environ 31 000 milliards de m^3 d'eau. ^{(49) (36)}

14) Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques en Algérie

En Algérie, la vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime à travers plusieurs aspects :

14-1) La rareté des ressources en eau

L'Algérie se situe, parmi les 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. ⁽⁵⁾

Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998, elle ne sera plus que de 430 m³ en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m³/habitant/an dépassera donc légèrement le seuil des 400m³/ha. ⁽²⁸⁾

14-2) Perturbation des écoulements des eaux

Vu que dès lors, les hauts plateaux et les régions sahariennes qui occupent une grande partie du territoire national (93%) ne reçoivent que 10% de l'écoulement total en Algérie, évalué à 12,4 milliards de m³. ^{(5) (2)}

14-3) L'évaporation des eaux de surface

D'où l'augmentation de la demande en eaux souterraines. La vulnérabilité des eaux de surface peut conduire également en cas d'augmentation de la température à leur réchauffement d'où la réduction de leur capacité à biodégrader certains polluants entraînant une baisse de la qualité. ^{(5) (2)}

14-4) Les inondations

Les inondations ont touché plusieurs parties du territoire national, on peut citer :

- Le 10 novembre 2001, des inondations d'une ampleur sans précédent, ont frappé la région d'Alger en particulier la commune de Bab El Oued. La pluviométrie enregistrée était de 290 mm en moins de 17 heures. Les dégâts ont été catastrophiques.

- En octobre 2002, des pluies d'une grande intensité (28.5 mm en 45 minutes) se sont abattues sur la région de Tamanrasset et notamment la région d'Arak.

- En octobre 2008, des pluies diluviennes ont provoqué de graves inondations à Ghardaïa. ⁽⁵⁾
⁽³⁷⁾

15) Impact des changements climatiques sur les ressources en eau en Algérie

15-1) Le Changement climatique, un facteur aggravant

Les données climatiques relevées dans la région du Maghreb durant le 20^{ème} siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée les trente dernières années. ⁽¹⁾ Les modèles de circulation générale convergente pour estimer un réchauffement probable de la région de l'ordre de 2° à 4°C durant le 21^{ème} siècle. ⁽³⁸⁾

Par son appartenance géographique à la zone aride et semi-aride, l'Algérie est soumise à des conditions physiques et hydro climatiques défavorables, accentuées par des périodes de sécheresses chroniques. L'Algérie présente une grande sensibilité au climat, notamment dans les hauts plateaux et la steppe qui couvrent environ 60% des terres viables du Nord. Une modification du climat est donc inéluctable et il en résultera des impacts significatifs, liés entre autres à l'augmentation des températures et des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes. D'autres impacts sont étudiés : la perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, la hausse du risque de famines, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé. ⁽²⁾

16) Les impacts de changement climatique sur les écoulements de surface

La sécheresse intense et persistante, observée en Algérie durant les 30 dernières années et caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30% (50% durant l'année 2001- 2002) ⁽³⁸⁾ Cette dernière a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques du pays. ⁽¹⁾



Figure 5 : sécheresse intense observée, près de Béni Abbés, Algérie ⁽⁷³⁾

16-1) Les changements affectant les eaux de barrages

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 ⁽²⁾

La diminution du ruissellement : La contribution du ruissellement aux eaux de surface a systématiquement diminué. Les flux trop faibles ne permettent pas de remplir suffisamment les barrages existants. (Manque de donnée sur les barrages : Oued Elkhir, Kramiss et Sidi Ali) ⁽²⁸⁾



Figure 6 : Barrage en Algérie ⁽⁵⁶⁾

16-2) Le changement climatique affectant les nappes phréatiques

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 (> 20 m.)⁽³⁶⁾

L'aggravation des sécheresses conjuguée à la surexploitation des nappes phréatiques a entraîné la minéralisation des zones non saturées des nappes aquifères profondes, dans les régions semi-arides comme le plateau d'Oran et les hautes plaines occidentales. Le taux moyen d'utilisation des nappes phréatiques est de 79% dans la région Nord ⁽⁶⁾⁽⁴¹⁾

Il peut parfois atteindre et dépasser les 90% dans certaines zones. Dans les régions côtières, la baisse des niveaux de pression hydrostatique a d'ores et déjà entraîné la pénétration d'eau de mer dans les réserves d'eau douce des nappes aquifères côtières des régions de la Mitidja, d'Oran, de Terga et d'Annaba.⁽³⁾

16-3) Les risques d'inondations

Les chercheurs dans le domaine estiment que des pluies torrentielles et des orages comme ceux qui ont ravagé les régions de Bab El Oued, Ghardaïa ou Béchar seront de plus en plus

fréquents. Il faut s'attendre à l'accentuation de ces phénomènes météorologiques, qui seront de plus en plus violents et dangereux. ⁽³⁾



Figure 7 : Cas d'inondation aux alentours de l'Algérie ⁽⁷⁰⁾

16-4) Les menaces aux zones humides

Malgré leur importance dans les processus vitaux et l'accueil de poissons et des oiseaux, de nombreuses menaces pèsent sur ces zones, tel le pompage excessif et la construction irréfléchie de barrages qui drainent au profit de l'agriculture. L'assèchement des deux grandes zones humides, il y'a un peu plus d'un siècle, en l'occurrence le lac Fetzara à Annaba et le lac Halloula à Tipaza a conduit à la disparition de 7 ou 8 espèces d'oiseaux qui y nichaient. ^{(6) (31)}

Conclusion :

Nous pouvons constater que le réchauffement climatique a des effets sur le niveau de la mer et les courants marins ainsi que les barrages et les ressources hydrique. De plus, cette modification du climat va se poursuivre sur l'ensemble du XXI^e siècle et au-delà, entraînant une hausse globale des températures. Ces effets entraînent des conséquences terribles qui pourraient à long terme détruire la majorité des espèces animales et végétales mais aussi détruire l'écosystème dans lequel nous vivons. En abordera la thématique de notre sujet en détails plus précise dans le chapitre qui suit.

Introduction

En Algérie, le niveau de satisfaction des besoins en eau domestiques et agricoles n'a cessé de baisser au cours des dernières années. Dans ce présent chapitre en présente le matériel utilisé pour la réalisation de cette étude ainsi que la méthode suivi.

I- Matériel

En présente deux sorte de matériel on a le hard tout ce qui est microordinateur doter d'un Microsoft office 2010, scanner et disque dur et le soft tout ce qui est logiciel.

1-1) Système d'Information Géographique

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage de données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion .⁽⁶¹⁾

On appelle donnée à référence spatiale toute donnée pouvant être localisée de façon directe (une école, une route...) ou indirecte (un barrage, une canalisation...) à la surface de la terre. Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géoréférencées, c'est à dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ce cadre commun est fixé légalement.^{(61) (33)}

1-1) Les éléments constitutifs d'un SIG

Un SIG comprend 4 composantes : le matériel informatique, le logiciel SIG, les données, et les ressources humaines.⁽⁶¹⁾

1-3) Utilisation d'un SIG

Les logiciels liés au SIG permettent, entre autres :

- de stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux microfiches, les supports informatiques actuels, assurent une meilleure conservation des données. Le SIG intègre les données d'un territoire,

- D'afficher et de consulter les données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'informations, de rapprocher des informations de différentes natures (topographique, environnementale, sociale, économique), d'effectuer des recherches à partir de certains critères (qualitatifs et/ou quantitatifs), D'actualiser ou de modifier les données sans avoir à recréer un document,
- D'analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance,
- D'ajouter ou d'extraire des données, de les transformer pour les mettre à disposition d'un prestataire (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau),

D'éditer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des coûts peu élevés. ⁽³⁰⁾

2) La cartographie assistée par ordinateur

C'est l'art, la technique et la science de l'élaboration des cartes. Elle permet la représentation géographique des éléments naturels et artificiels d'un territoire, tels qu'une route, une rivière, un lac, dans un système de coordonnées terrestres. Une carte est toujours présentée à une échelle précise, qui varie selon le détail ou la portion de territoire à représenter. ⁽³³⁾

L'utilisation des données géographiques et des cartes ne date pas d'hier. Dès les débuts de la colonie, les explorateurs effectuaient des mesurages sur le territoire pour faire les subdivisions en seigneuries, gérer les infrastructures portuaires et militaires ou localiser les routes maritimes et terrestres. Le but essentiel de la mission est l'évaluation des ressources en eau et, plus particulièrement en eau souterraine, de l'Algérie, au Nord du Sahara, sur la base des données existantes à l'Institut National des Ressources hydrauliques. Le programme des travaux à accomplir est donc basé sur cette action. La première expression cartographique sera la carte des ressources en eau, en trois feuilles (Est, Centre et Ouest), à 1/500 000. Elle correspond à la carte géologique de l'Algérie à 1/500 000. L'expression finale, répondant aux besoins, sera ultérieurement une cartographie des ressources en eau de l'Algérie à 1/200 000. ^{(30) (33)}

3) Les logiciels utilisés

Logiciels	Définition
ARCGIS	un système complet, intégré et à géométrie variable conçu pour répondre aux besoins d'une grande variété d'utilisateurs SIG. ArcGIS comprend une suite d'applications intégrées : ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox. ⁽⁵⁷⁾
Google Earth	C'est un logiciel qui représente une mappe-monde virtuelle qui vous permet de visualiser les images, enregistrées par satellite, de la plupart des endroits de la Planète. ⁽⁶⁸⁾
Microsoft Office 2010	C'est une <u>suite bureautique propriétaire</u> de la société <u>Microsoft</u> fonctionnant avec les plates-formes fixes et mobiles. Elle s'installe sur ordinateur et fournit une suite de logiciels comme : <u>Word</u> , <u>Excel</u> , <u>PowerPoint</u> , <u>OneNote</u> , <u>Outlook</u> , <u>Access</u> et/ou <u>Publisher</u> selon les suites choisies. Elle peut être essayée gratuitement sur le site de Microsoft ⁽¹⁹⁾

4) Méthodes d'approche

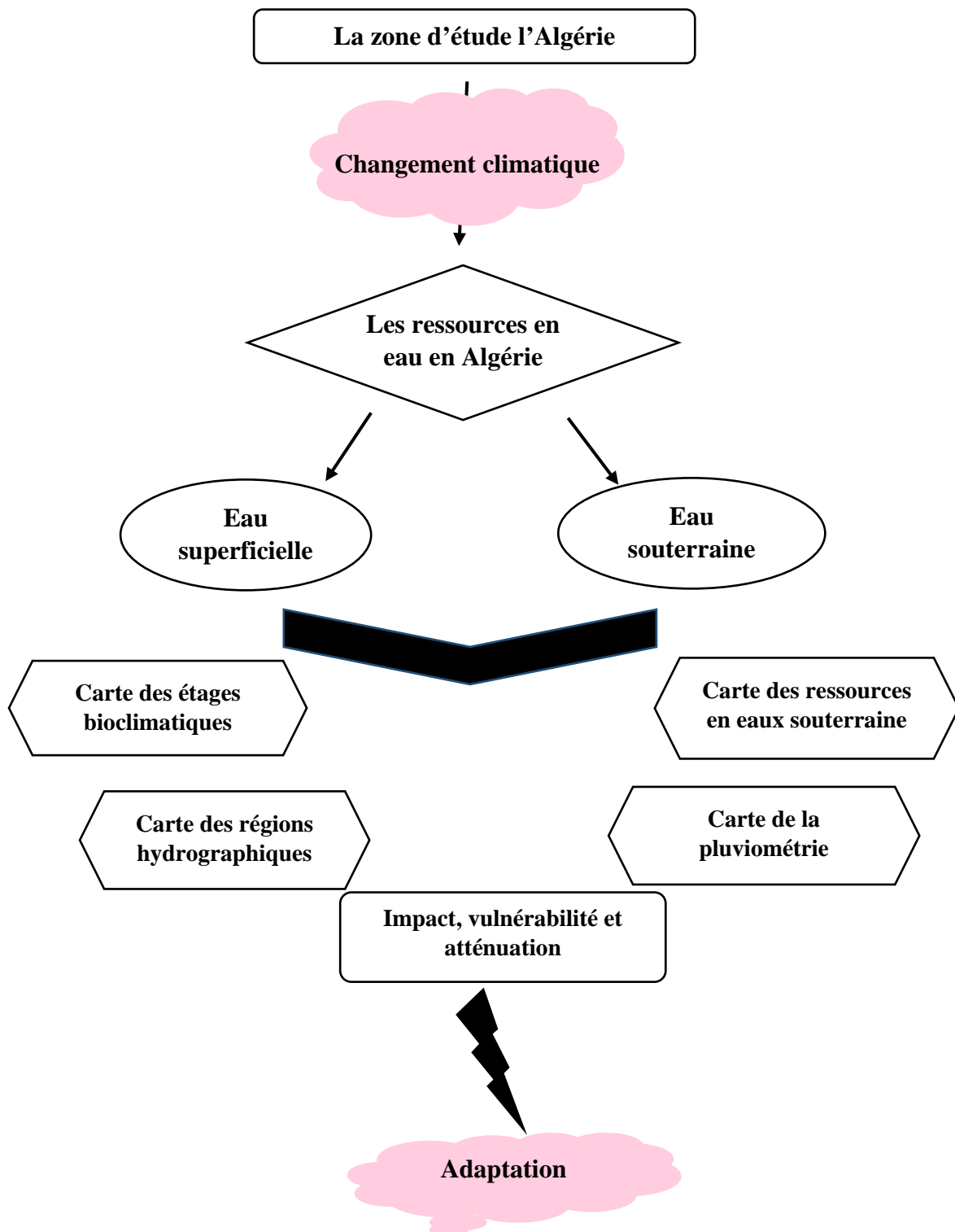


Figure 8 : Organigramme méthodologique

5) La zone d'étude et de recherche (l'Algérie)

Le pays s'étend sur une superficie de 2 381 741 km². L'Algérie comprend trois grands ensembles géographiques : le Tell au Nord, les hauts plateaux et l'Atlas saharien au centre, et le Sahara au Sud. ⁽¹⁶⁾

Le Tell est une étroite bande côtière de 1 280 kms de long et de 100 à 200 kms de large. Il est délimité au Sud par une chaîne de montagnes, plus ou moins parallèle au littoral, et qui s'étend de la région de Tlemcen à l'Ouest, à la frontière tunisienne à l'Est. Cet ensemble est constitué de plaines fertiles (comme celle de la Mitidja au sud d'Alger) où se concentre la majorité de la population algérienne, de vallées et d'une succession de monts (l'Atlas tellien) qui dépassent régulièrement les 2000 m à l'Est, notamment en Kabylie où les sommets du massif du Djurdjura sont recouverts de neige en hiver. A l'intérieur des terres, le long des oueds côtiers, s'étendent de nombreuses vallées fertiles : la vallée du Chélif, irriguée par le cours d'eau du même nom, le plus long d'Algérie (725 kms) ; la Mitidja, une plaine de subsidence séparée de la mer par les collines du Sahel d'Alger. À l'Est, les fonds de vallées forment des plaines comme la Soummam et la plaine alluviale d'Annaba, d'une importance économique comparable à celle de la Mitidja. ⁽¹⁶⁾ ⁽⁴³⁾ Les terres arables représentent moins de 3 % de la superficie du territoire national et sont situées dans les régions côtières dans le Nord du pays. Ces terres sont les plus peuplées et soumises à une intense concurrence entre le secteur de l'agriculture, l'industrie et l'extension urbaine. Les sols sont peu profonds et les pentes parfois importantes ; l'érosion est grande et constitue à la fois une cause de dégradation des sols et une menace pour les barrages du Tell. ⁽⁴³⁾

Les hauts plateaux et l'Atlas saharien courent en diagonale depuis la frontière marocaine jusqu'au Nord-Est de l'Algérie. La majorité de la zone des Hautes Plaines offre un paysage de steppes surtout à l'Ouest et au Centre : à l'Ouest, elles s'étirent sur près de 500 km sur une largeur de 100 à 200 km ; à l'Est, elles s'étendent sur près de 200 km, avec un relief plus élevé (800 à 1000 m). C'est une région de transition vouée à une économie pastorale semi-nomade ; l'élevage des ovins y est la principale activité, sans exclure l'activité de la céréaliculture, notamment à l'Est et dans la région de Tiaret à l'Ouest. Le terrain est creusé par de nombreuses dépressions, les chotts, qui se transforment en lacs salés après la saison des pluies. La végétation est assez pauvre et clairsemée. Elle se limite aux touffes d'herbe (très utiles pour les troupeaux de moutons), ainsi qu'à l'alfa, une plante graminéenne qui sert à la fabrication de cordes, couffins, tapis, etc. Ces steppes sont délimitées au Sud par une barrière

montagneuse (l'Atlas saharien) qui n'est en fait que le prolongement en Algérie du Haut-Atlas marocain. ^{(16) (43)}

D'Ouest en Est se succèdent les monts des Ksour, des Ouled-Naïl, des Zibans et des Aurès qui culminent à plus de 2 300 m. Au pied de ces montagnes se trouve un chapelet d'oasis qui marquent le seuil du Sahara : El Kantara, Laghouat, Biskra ou encore Ghardaïa, plus au Sud, dans la vallée du M'Zab. ^{(16) (43)}

Au Sud, s'étend sur 2 millions de km² l'un des plus grands déserts du monde : le Sahara qui recouvre 85 % de la superficie du territoire national algérien (1500 km d'Est en Ouest, 2000 km du Nord au Sud). Le Grand Sud algérien alterne entre paysages volcaniques (massif du Hoggar avec le point culminant de l'Algérie, le mont Tahat à 3 000 mètres d'altitude) et lunaires (Tassili N'Ajjer), plaines de pierres (les Regs) et plaines de sable (les Ergs) d'où jaillissent parfois de superbes oasis. ^{(16) (43)}

L'histoire géologique des bassins sédimentaires algériens (carte 9) s'inscrit dans le processus de géodynamique globale de la tectonique des plaques qui a structuré l'Algérie en deux domaines :

- Au Nord, l'Algérie alpine ;
- Au Sud, la Plate-forme saharienne. ^{(16) (19)}

5-1) Carte d'étude

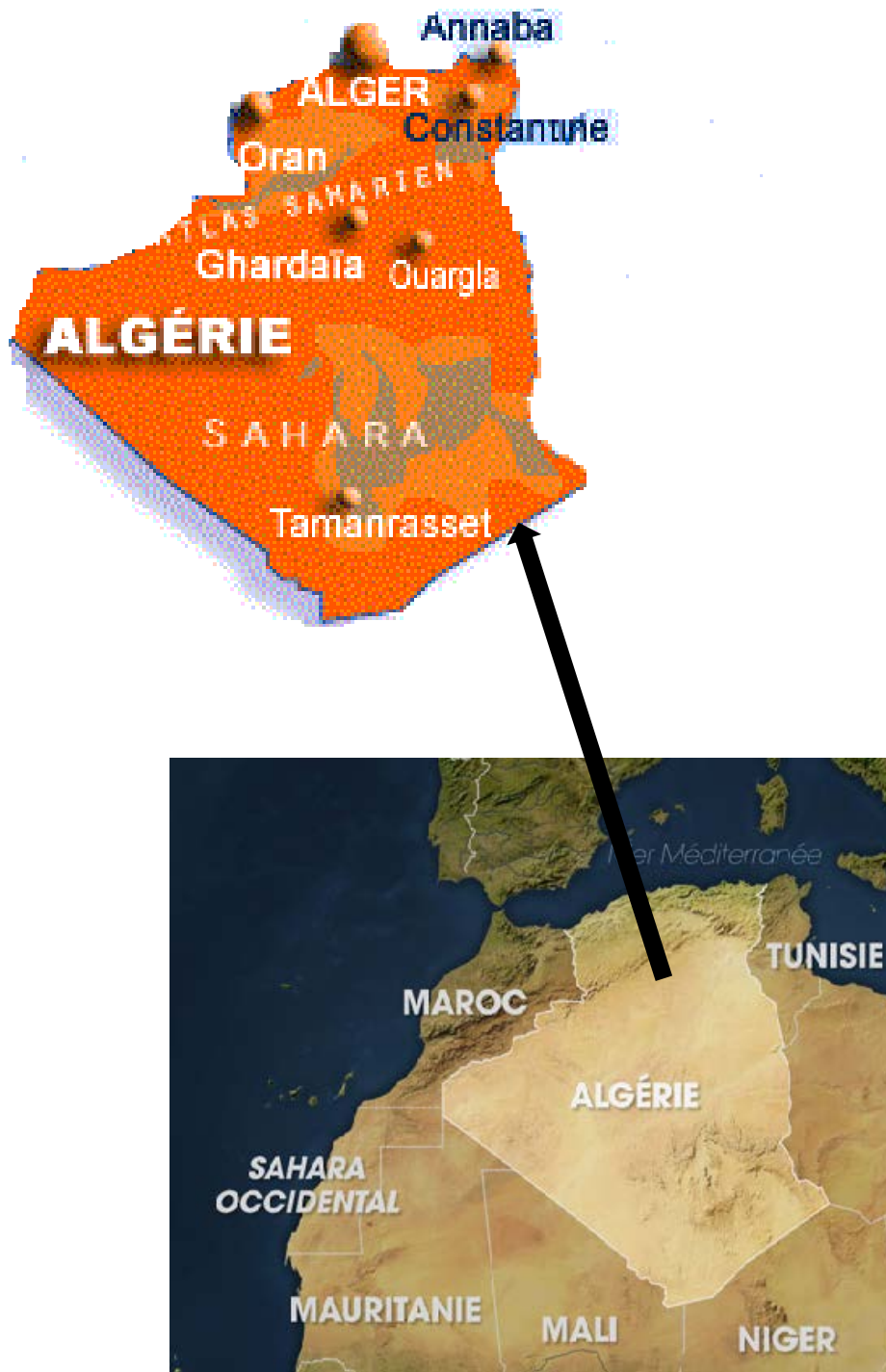


Figure 9 : géographie de l'Algérie ⁽⁶⁷⁾

6) Le système aquifère du Sahara septentrional

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes : la formation du Continental Intercalaire, CI, et celle du Complexe Terminal, CT. Ce Système recouvre une étendue de plus de un Million de km².⁽¹²⁾



Figure 10 : Le système aquifère du Sahara septentrional⁽⁷¹⁾

Une vaste contrée d'eau souterraine s'étend de Béchar, à Biskra en passant par Laghouat sur le versant sud de l'atlas saharien, allant jusqu'à l'extrême sud, à la limite de Regagne, In-Salah, In-Amenas et enjambant une bonne partie de la Libye et le sud de la Tunisie.⁽¹⁸⁾

Une eau emmagasinée dans les entrailles de la terre depuis des millions d'années. Le mot Sahara évoque, étendues désertiques, pauvre en eau et aride, du fait qu'il est peu arrosé, par de faibles précipitations pluviométriques, dont les nappes d'eau de surface sont rares. En fait, l'aquifère du Sahara septentrional, qui s'étend sur plus de un million de kilomètres carrés sous l'Algérie, la Tunisie et la Libye, recelant environ 31 000 milliards de mètres cubes d'eau, dont les 2/3 se trouvent en Algérie. Plus de 20 000 milliards de mètres cubes se trouvent enfermés à

l'intérieur des frontières algériennes. Par un simple calcul empirique sur la base d'une consommation annuelle de 10 milliards de mètres cubes par an, nos besoins en eau seront couverts sur 2000 ans. ⁽⁷¹⁾

Selon, le chercheur en hydraulique souterraine, Jean Margat, les nappes aquifères du Sahara septentrional est un réservoir fossile. Il s'est constitué il y a plus de 10 000 ans, lorsque la région était soumise à un climat plus humide. Pendant des dizaines de milliers d'années, les pluies se sont infiltrées dans le sous-sol et accumulées dans différentes couches géologiques. C'est ainsi que se sont formées les deux réserves principales de l'aquifère : le "continental intercalaire", la plus profonde et la plus vaste, et le complexe terminal, dit-il ? La première s'étend à plusieurs centaines de mètres de profondeur (son toit se trouve entre 50 et 2 300 mètres sous la surface selon les endroits) sur 600 000 kilomètres carrés dans des grès et des argiles vieux de 100 à 150 millions d'années. Environ 20 000 milliards de mètres cubes d'eau y sont piégés dans cette première couche. Au-dessus, les sables et calcaires du complexe terminal, formés il y a 30 à 80 millions d'années, en renferment dans la deuxième couche 11 000 milliards de mètres cubes supplémentaires, au total 31 000 milliards de mètres cubes. ⁽⁷¹⁾

7) Etude hydro-climatique de la zone d'étude

L'Algérie s'étend du Nord (Mer Méditerranée) au Sud (Sahara) sur plus de 2 000 km en profondeur. Mais les montagnes de l'Atlas Tellien et de l'Atlas Saharien divisent ce territoire en bandes orientées Est-Ouest : celle de la côte et de l'Atlas Tellien – celle des Hautes Plaines et de l'Atlas Saharien - celle du Sahara. ⁽¹⁶⁾

Les trois étages bioclimatiques qui constituent le climat méditerranéen (carte 11) de l'Algérie se distinguent par :

7-1) Un étage bioclimatique subhumide

Il se situe sur la côte et dans l'Atlas Tellien où les gelées sont très rares en hiver et les étés sont chauds. Il est caractérisé par des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs, tempéré par des brises de mer ; les précipitations diminuent d'Est en Ouest (1000 - 400 mm) et du Nord au Sud (1000 à moins de 130 mm). Dans cette zone, les températures moyennes minimales et maximales respectivement oscillent entre 5 et 15°C en hiver et de 25 à 35°C en été ; les vents humides venant de la mer apportent des pluies, de l'automne au printemps. Ces pluies sont plus abondantes à l'Est qu'à l'Ouest ; cependant, l'influence du désert se fait sentir jusque sur la côte par l'action du «sirocco», vent sec et chaud, soufflant du Sud au Nord. Ce

vent chargé de sable élève la température et dessèche la végétation ; un étage bioclimatique aride sur les Hautes Plaines et dans l'Atlas Saharien, avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an ; les pluies sont rares, surtout sur les Hautes Plaines d'Oranie ; la température descend souvent au-dessous de zéro degré en hiver. En été elle dépasse 30 et voire même 40 degrés. ^{(16) (42)}

7-2) un étage bioclimatique désertique (hyperaride)

Il se situe dans la région saharienne où les pluies sont exceptionnelles et très irrégulières provoquant souvent des inondations, Les précipitations sont inférieures à 150 mm par an ; le Sahara est une des régions les plus chaudes du monde : les températures de jour atteignent en été 45 et même 50 °C. la température moyenne saisonnière est de 15 à 28°C en hiver et atteint 40 à 45°C en été. Le sirocco est un vent du sud chaud et sec. ^{(16) (42)}

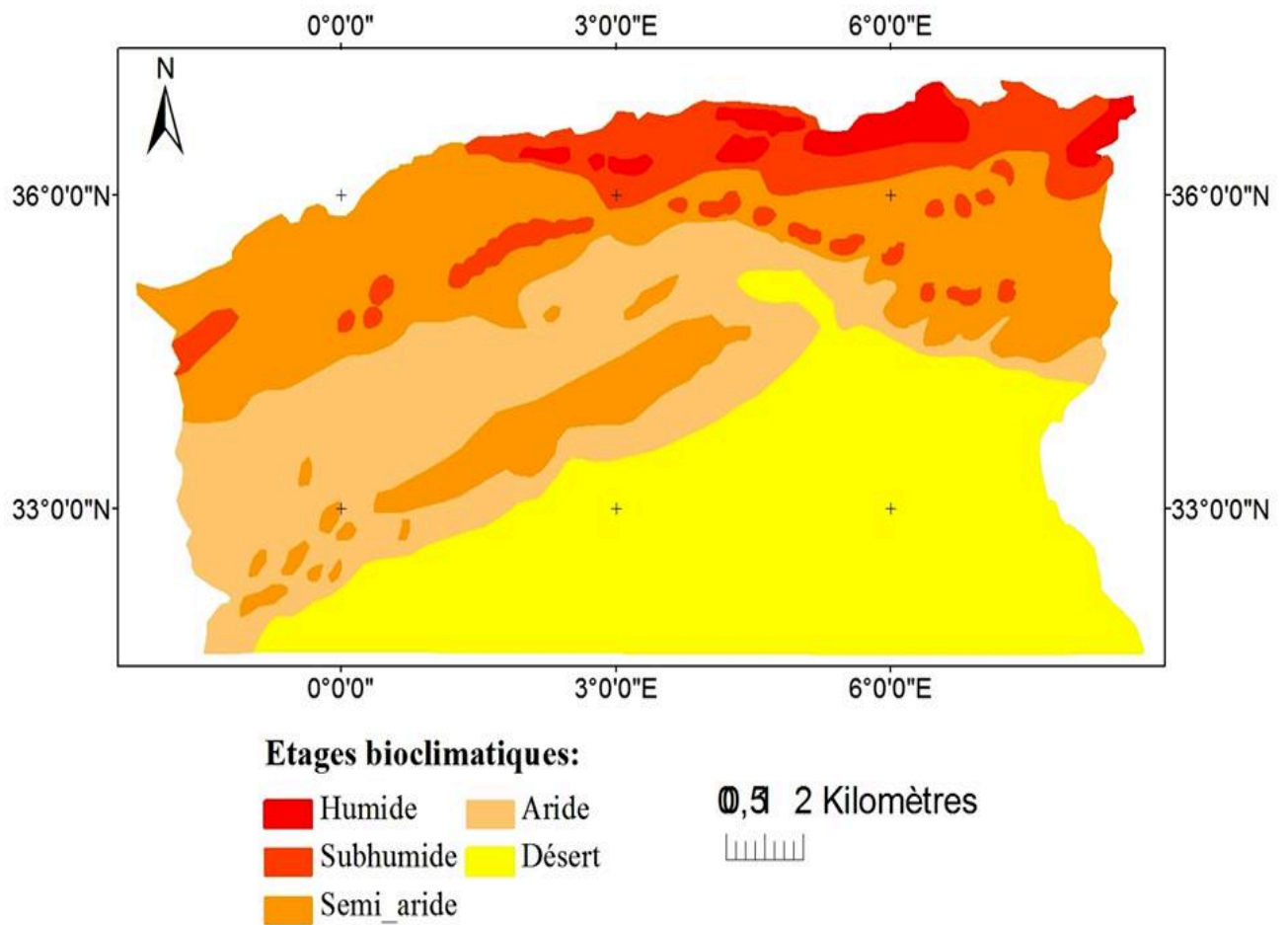


Figure 11 : les étages bioclimatiques

8) Les facteurs thermiques

8-1) Températures maximales et fortes évaporations

Comparaison entre les températures moyennes thermiques de l'Ouest, du Centre et de l'Est du Nord de l'Algérie montre des différences significatives. A l'Ouest du pays, la température moyenne du mois le plus froid (Janvier) est de 11,4 °C à Ghazaouet et 12,5 °C à Mostaganem. Au Centre, on trouve 10,0 °C aux stations d'Alger Dar-El- Beida, de Chleff et de Tizi-Ouzou. Dans la partie Est, on trouve par contre 6,2 °C aux stations de Constantine et 7,1 °C à Souk-Ahras. ⁽⁹⁾ En été, généralement la température du mois le plus chaud se situe en Août, pour la partie Occidentale où l'on enregistre 24,2 C° à Ghazaouet ; 25,0 °C à Béni-Saf ; et 23,3 °C à Oran. Dans la partie Centrale, on relève 25,5 °C à Alger, et dans la partie Orientale 25,4 °C à la station de Constantine et 24,0 °C à Souk-Ahras. ⁽⁷⁾ Les plus hautes températures sont observées à la station d'El-Bayad avec 51,3 °C enregistrée le 02 Septembre 1979 et à la station de Sétif avec 50,3 °C enregistrée le 07 Septembre 1982. Pour les stations d'altitude comme Médéa (1030 m) ou Djelfa (1160 m), les températures maximales absolues atteignent 40°C. ⁽⁴⁶⁾ Les températures minimales absolues varient d'une région à une autre sur les hauts plateaux et atteignent des valeurs très basses en hiver avec une température minimale absolue de -13,8 °C à la station de Mécheria (le 28 Janvier 2005). En Janvier 2005, les températures minimales inférieures à 0°C ont été observées treize fois à la station d'Alger. ⁽⁴⁶⁾

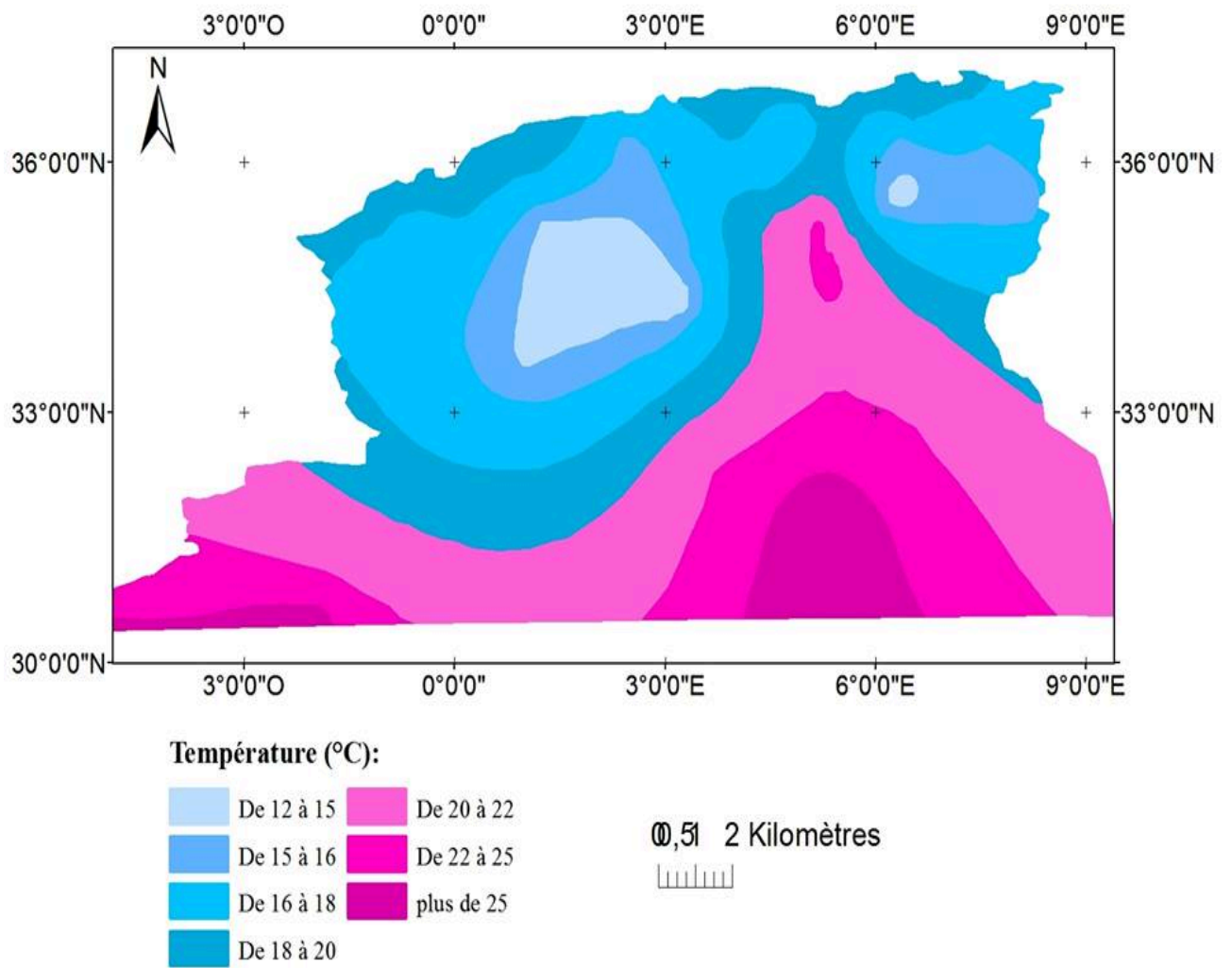


Figure 12 : Température moyenne annuelle sur le Nord de l'Algérie

9) Les facteurs hydriques

9-1) Précipitations

La pluviométrie en Algérie se caractérise par (tableau 1) :

- deux saisons pluvieuses, l'une dominante en hiver, l'autre secondaire au printemps,
- des précipitations irrégulières à l'échelle journalière, annuelle et interannuelle,
- une sécheresse estivale prononcée
- des précipitations variant de plus 1000 mm des hauts reliefs côtiers de l'Est du Nord, et à moins de 100 mm au Sud au Sahara ⁽²³⁾

Régions	Ouest (mm)	Centre (mm)	Est (mm)
Littoral	400	700	900
Atlas tellien	600	700-1000	800-1000
Hautes plaines	250	250	400
atlas saharien	150	200	300-400
Sahara	20-150	20-150	20-150

Tableau 1 : Pluviométrie moyenne annuelle des différentes régions de l'Algérie

L'évapotranspiration potentielle (E.T.P) est très forte en Algérie. Elle atteint 858 mm à Oran, 865 mm à Mostaganem, 1009 mm à Ain-Defla et 880 mm à Mascara. Dans la partie orientale, elle est de 840 mm à Annaba, et 810 mm à Tébessa. Les moyennes mensuelles sont supérieures ou égales à 100 mm, de Juin à Septembre. Le maximum apparaît en Août avec une valeur de 145 mm pour la station d'Oran, et 144 mm pour la station de Mostaganem.

L'Algérie connaît depuis l'année 1975 une baisse graduelle de la pluviométrie et une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et des inondations. Parallèlement, le nombre 29 des jours de pluies diminue et la part des pluies souvent orageuses d'automne, de printemps et d'été s'accroît engendrant des inondations catastrophiques. ⁽²³⁾

Les précipitations diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud. Sur la région Ouest, les précipitations sont faibles et régulièrement réparties avec environ 40 à 50 mm par mois et ceci entre les mois d'octobre et mai. La faiblesse des pluies sur cette région est en partie liée à l'anticyclone des Açores. ⁽²³⁾

Le climat des Hauts-Plateaux est aride avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an. Les orages constituent une part importante des pluies qui recouvrent ces régions.

Le Sahara reçoit des précipitations annuelles extrêmement faibles (moins de 70 mm par an). Cette diversité pluviométrique a impliqué un découpage du Nord du pays en trois régions qui sont l'Est, le Centre et l'Ouest. ⁽²³⁾

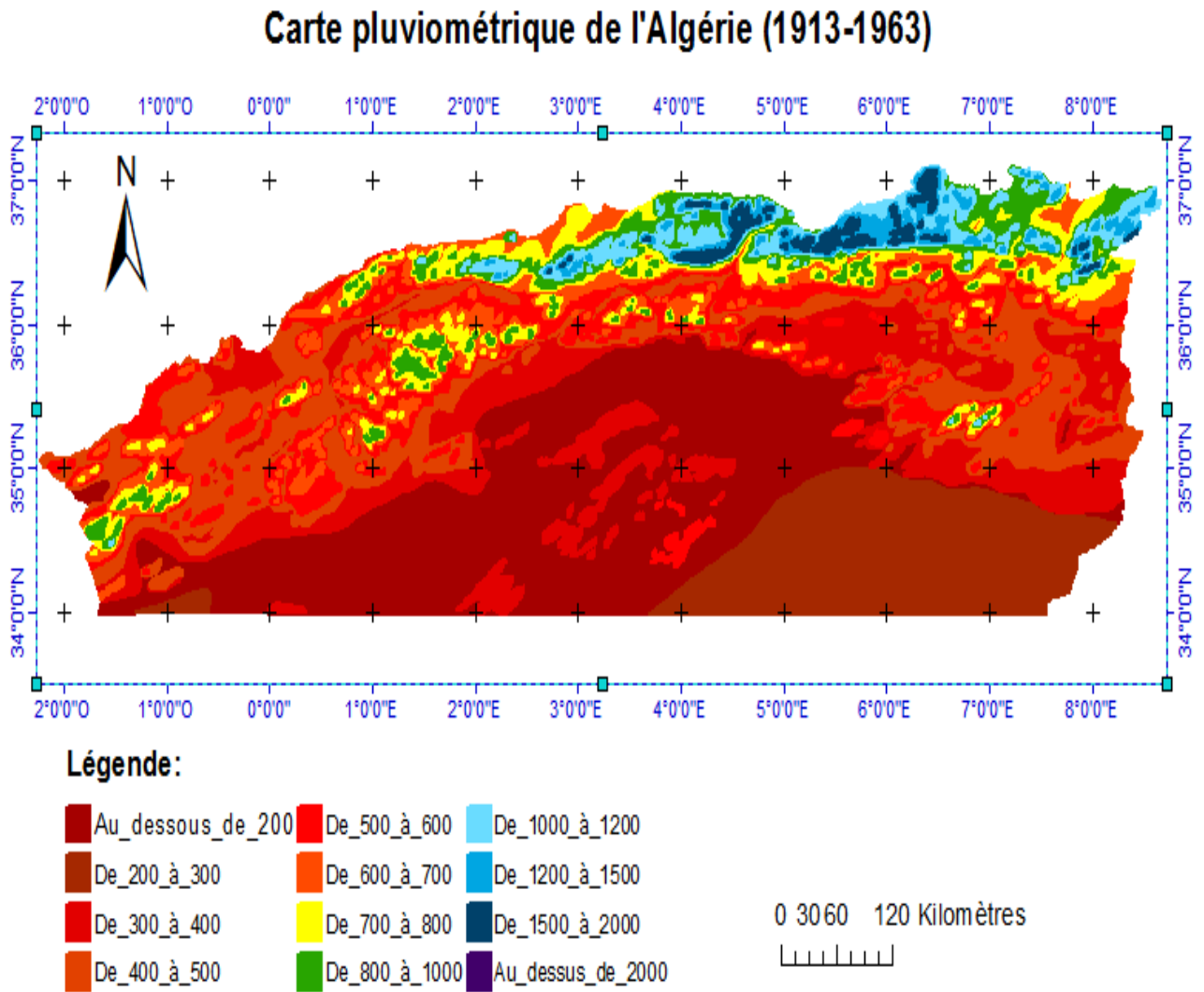


Figure 13 : carte pluviométrique de l'Algérie (1913-1963)

10) Climat et variabilité pluviométrique

Le Nord-Ouest de l'Algérie est situé en latitude à l'abri de la dorsale du moyen Atlas-Rif du Maroc comporte une crête chaude anticyclonique au-dessus du Maroc et de l'Espagne en plus du relief très accidenté de la région d'étude qui constitue de nombreux abris aux influences de la mer. ^{(7) (24)}

Ces deux facteurs ont un effet direct sur la variabilité spatiale de la pluviométrie ainsi que sur la réduction des précipitations dans la zone en question. La circulation atmosphérique est caractérisée par des cellules à extension latitudinale : l'anticyclone des Açores et l'anticyclone saharien d'altitude ⁽⁹⁾. La partie nord de l'Algérie est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. La pluviométrie atteint 400 mm à l'ouest, 700 mm au Centre et 1000 mm à l'Est pour le littoral. Ce type de climat concerne également les chaînes de l'Atlas Tellien où l'on enregistre au niveau des sommets orientaux des totaux variant de 800 à 1600 mm, alors que les valeurs s'abaissent vers le Centre (700 à 1000 mm) et vers l'Ouest (600 mm). Au niveau des plaines de l'Atlas Tellien, la pluviométrie varie de 500 mm à l'Ouest, 450 mm au Centre et de 700 mm à l'Est. ^{(8) (9)}

Ces moyennes ont été calculées sur la base de 218 postes possédant des observations allant de 1968 à 1998. ⁽¹⁰⁾ Une étude comparative avec la carte de l'A.N.R.H. établit en 1993 sous l'autorité scientifique du Professeur J.P. Laborde a permis de constater une baisse en moyenne de 13 % au niveau du Centre et de l'Ouest de l'Algérie. La moyenne annuelle des totaux précipités varie entre 300,7 mm (station de Relizane) et 671,1 mm (station de Dar El Beida). Le coefficient de variation varie de 27 % (station de Mohammadia) à 35.6 % (station de Maghnia). On remarque également que les moyennes des huit stations sont assez proches de la médiane, ceci montre qu'effectivement la loi de distribution est légèrement dissymétrique. ⁽⁸⁾

Conclusion

Dans ce chapitre on a conclu que les températures et les précipitations sont des paramètres météorologiques qui affectent directement les ressources en eaux. Les interrelations entre le système climatique et le cycle de l'eau sont nombreuses et d'une redoutable complexité. La montée des températures affecte simultanément différentes composantes des systèmes hydrologiques : la quantité des précipitations, mais aussi leur intensité et leur fréquence. Le chapitre suivant va nous présenter la discussion des résultats obtenus à ce niveau.

3 Introduction

L'Algérie a élaboré la stratégie d'adaptation dans le secteur des ressources en eau pour assurer l'alimentation de la population et éviter de freiner le développement du pays notamment dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie. Cette stratégie est fondée sur la protection des ressources, la rationalisation de la consommation et le recours aux ressources en eau non conventionnelles tel que le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles notamment pour l'agriculture et l'introduction de techniques d'irrigation économe en eau. ⁽³⁵⁾

Besoins en eau (hm ³ /an)	2005	2020	2050
Population totale	319,859	475,229	1134,196
Industrie	12401052	14197964	20587048

Tableau 2 : Les besoins en eau

I) Données de base sur les ressources en eau

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. ⁽⁴⁷⁾

Néanmoins, les variations climatiques ne sont pas les seuls facteurs définissant la vulnérabilité de ce secteur 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 un large mesure la vulnérabilité en Algérie de ces ressources. La volonté de la société de prendre des mesures d'adaptation appropriées ont également une importance critique. ⁽²⁾

2) Régions hydrographiques

Le pays est divisé en 4 régions hydrographiques (carte 14). Les potentialités en eau de l'Algérie sont globalement estimées à 19,4 milliards de m³/an, dont :

– 12 milliards de m³ en eau superficielle et 2,4 milliards de m³ en eau souterraine pour les régions nord du pays et 5 milliards de m³ exploitables dans les régions sahariennes.

– 71 barrages d'une capacité de 7,1 milliards de m³.⁽⁴⁰⁾

S'agissant des nappes du Nord du pays où 146 aquifères sont identifiés, le taux d'exploitation des eaux souterraines atteint environ 90 %, soit près de 2 milliards de m³/an. Certaines nappes se trouvent en état de surexploitation important.⁽⁴⁰⁾

S'agissant des nappes du Sahara, les volumes actuellement exploités sont évalués à 1,8 milliards de m³/an, ce qui représente 30 % des volumes théoriquement exploitables. Les principales ressources en eau du Sahara sont situées au niveau des deux grands systèmes aquifères profonds du « Complexe Terminal » et du « Continental intercalaire », dont les potentialités globales exploitables sont évaluées à 5 milliards de m³/an.⁽⁴⁸⁾

La disponibilité en eau par habitant est de 600 m³/hab./an, plaçant de ce fait, l'Algérie dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de pénurie fixé par le PNUD ou celui de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³/hab./an.

En Algérie, le taux d'envasement annuel est de l'ordre de 3 %; soit 34 millions de m³/an (en 2000). On observe ainsi une sédimentation élevée dans les réservoirs suivants (tableau 3) :

Barrages	Envasement (10⁶ m³/an)
Ighil Emda	3,40
Fodda	2,60
Hamiz	0,33
Foum El Gharza	0,70
Ksob	0,27

Tableau 3 : Taux d'envasement des barrages en Algérie

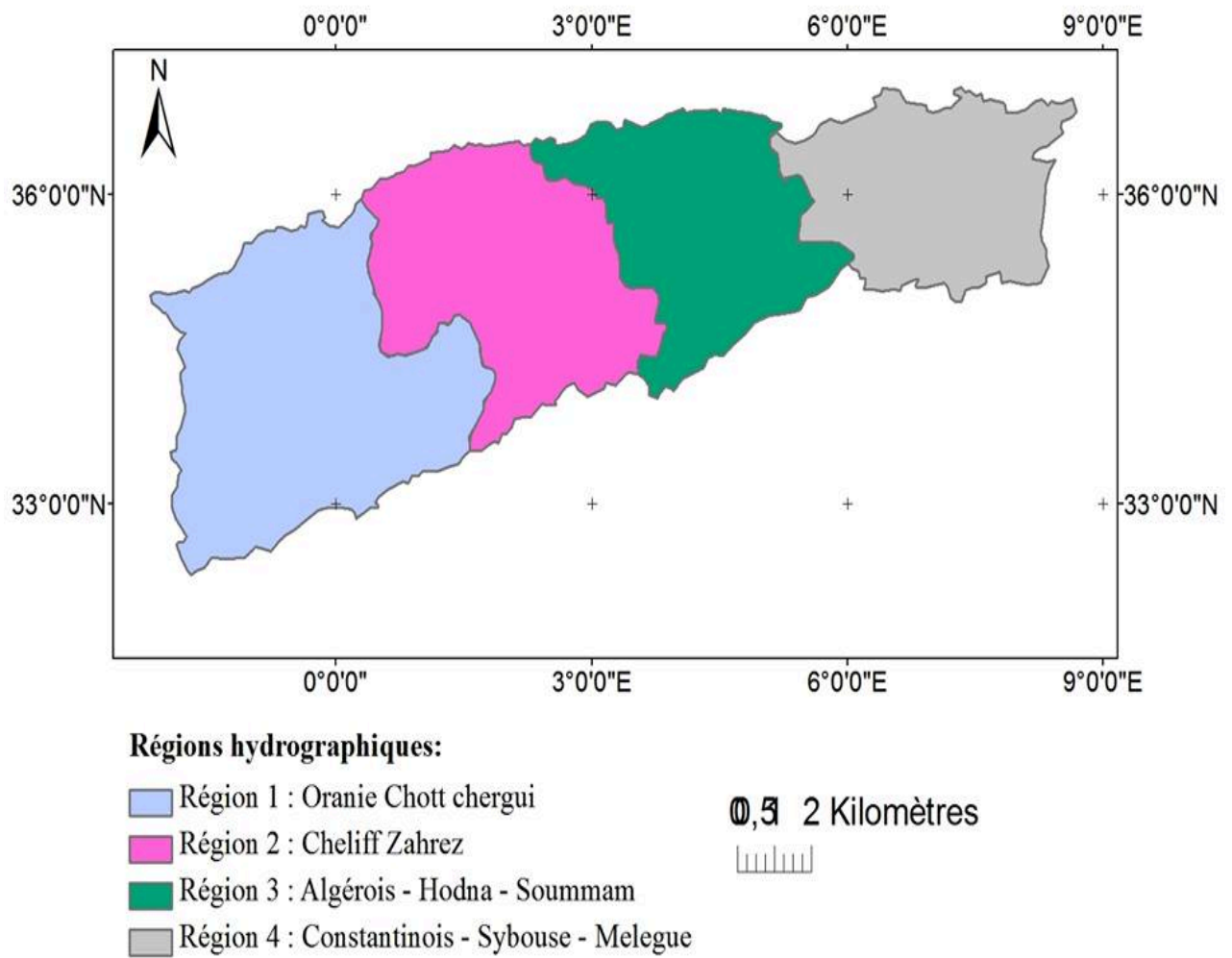


Figure14 : régions hydrographiques

Région hydrographique	Bassin versant	Débit (hm ³)
1	Bassin versant côtier oranais (04)	106
	Bassin versant de la Macta (11)	224
	Bassin versant de la Tafna (16)	330
	Chott Chergui partie BV (08)	240
2	El Dahra partie BV (02)	434
	Bassin versant du Cheliff (01)	1250
	Bassin versant du Zahrez (17)	1290
3	Bassin versant côtier Algérois (02)	1000
	Bassin versant Isser (09)	500
	Bassin versant Soummam (15)	750
	Bassin versant Hodna (05)	450
4	Bassin versant côtier constantinois (03)	750
	Bassin versant kebir r'humel (10)	995
	Bassin versant Medjerada Mellegue (12)	320
	Bassin versant hauts plateaux constantinois (07)	200

Tableau 4 : Les bassins versant situé aux régions hydrographiques

3) Inondations

Les inondations sont aussi dévastatrices que les sécheresses. Parmi les plus importantes que le pays a subi, on peut citer :

- Le 10 novembre 2001, des inondations, d'une ampleur sans précédent, ont frappé la région d'Alger en particulier la commune de Bab El Oued. La pluviométrie enregistrée était de 290 mm en moins de 17 heures. (Soit 40 % de la moyenne interannuelle). Les dégâts ont été particulièrement catastrophiques avec des pertes humaines qui s'élèvent à plus de 712 morts, 115 disparus, 311 blessés et 1 454 familles sans abri ainsi que des pertes matérielles évaluées à environ 30 milliards de DA. ⁽²⁵⁾

- En octobre 2002, des pluies d'une grande intensité (28,5 mm en 45 minutes) se sont abattues sur la région de Tamanrasset et notamment la région d'Arak. ⁽²⁰⁾

- En octobre 2008, des pluies diluviennes ont provoqué de graves inondations, à Ghardaïa.

Le bilan des pertes humaines s'est élevé à 43 morts, 86 blessés et 4 disparus.

Ces exemples, relativement récents, dans des zones très différentes, illustrent le régime fortement irrégulier de la pluviométrie et du ruissellement et incitent à anticiper les effets

dévastateurs des crues par une gestion préventive de l'aménagement des bassins versants, et une maîtrise de la gestion des eaux de ruissellements. ⁽²⁰⁾

4) Sécheresse

La canicule de l'été 2003 restera dans les annales climatiques de l'Algérie comme étant un événement météorologique exceptionnel par sa durée (près de quatre semaines). Jamais les précédents épisodes caniculaires n'avaient été aussi longs, et intenses (plus de 40°C pendant 20 jours consécutifs), ainsi que par son étendue géographique. Les températures maximales autant que les minimales furent marquées par des anomalies positives importantes. ⁽³⁹⁾

Station	Période	Année normale	Année sèche et % d'année normale	Année très sèche et % d'année normale
Oran	1961-1990 1927-1995	372 mm	288 mm (77%)	239 mm (64%)
Alger	1961-1990 1936-1995	686 mm	511 mm (74%)	436 mm (63%)
Annaba	1961-1990 1945-1995	615 mm	507 mm (82%)	441 mm (71%)
Biskra	1961_1990 1968-1995	135 mm	54 mm (40%)	12 mm (9%)

Tableau 5 : Statistiques des précipitations annuelles en années normales, sèches et très sèches

5) Ressources naturelles

5-1) impact de la sécheresse sur les Zones humides

Ces zones sont représentées par les marais d'eau douce et marine, les oueds, les chotts, les sebkhas, les barrages et les retenues. Elles constituent des sites écologiques pour le développement de la faune. Ces zones sont des ressources hydro biologiques importantes, mais elles sont très fragiles et nécessitent une protection particulière. Elles couvrent plus de 3 millions d'hectares en Algérie. Les principales zones sont situées à :

-El Kala : elle accueille près de 55 % du total des oiseaux hivernant.

-Sud Constantinois : c'est une zone également importante, car elle accueille près de 25 % des oiseaux hivernant.

-Oranais : elle accueille près de 8 % de l'effectif des oiseaux.

-Algérois : c'est une zone très menacée par sa proximité urbaine.

Les zones marines sont également, très menacées car, elles servent de lieux de déversement des déchets industriels. ⁽⁶⁾⁽²⁹⁾

6) Atténuation et Adaptation

6-1) Potentiel en eau mobilisable

6-1-1) Le potentiel en eau superficielle

Il est estimé à près de 12 410 milliards de m³/an dont 600 millions pour la partie Nord du Sahara et le volume mobilisable à 4 500 millions de m³/an. Plus des deux tiers du volume d'eau superficielle mobilisable se trouvent localisés dans 4 des 17 bassins versants (Chlef, Algérois, Soummam, Constantinois) qui occupent une surface de 75 000 km², soit 3% de la superficie du territoire national. ⁽⁵⁾⁽²⁹⁾

6-1-2) Le potentiel en eau souterraine

Il est actuellement estimé à près de 6 836 millions de m³/an dont 1 900 pour la partie Nord du pays et le volume mobilisable à 4 900 millions de m³/an dont 3 000 pour le Sahara. ⁽⁶⁾

Cartes des ressources en eau souterraine

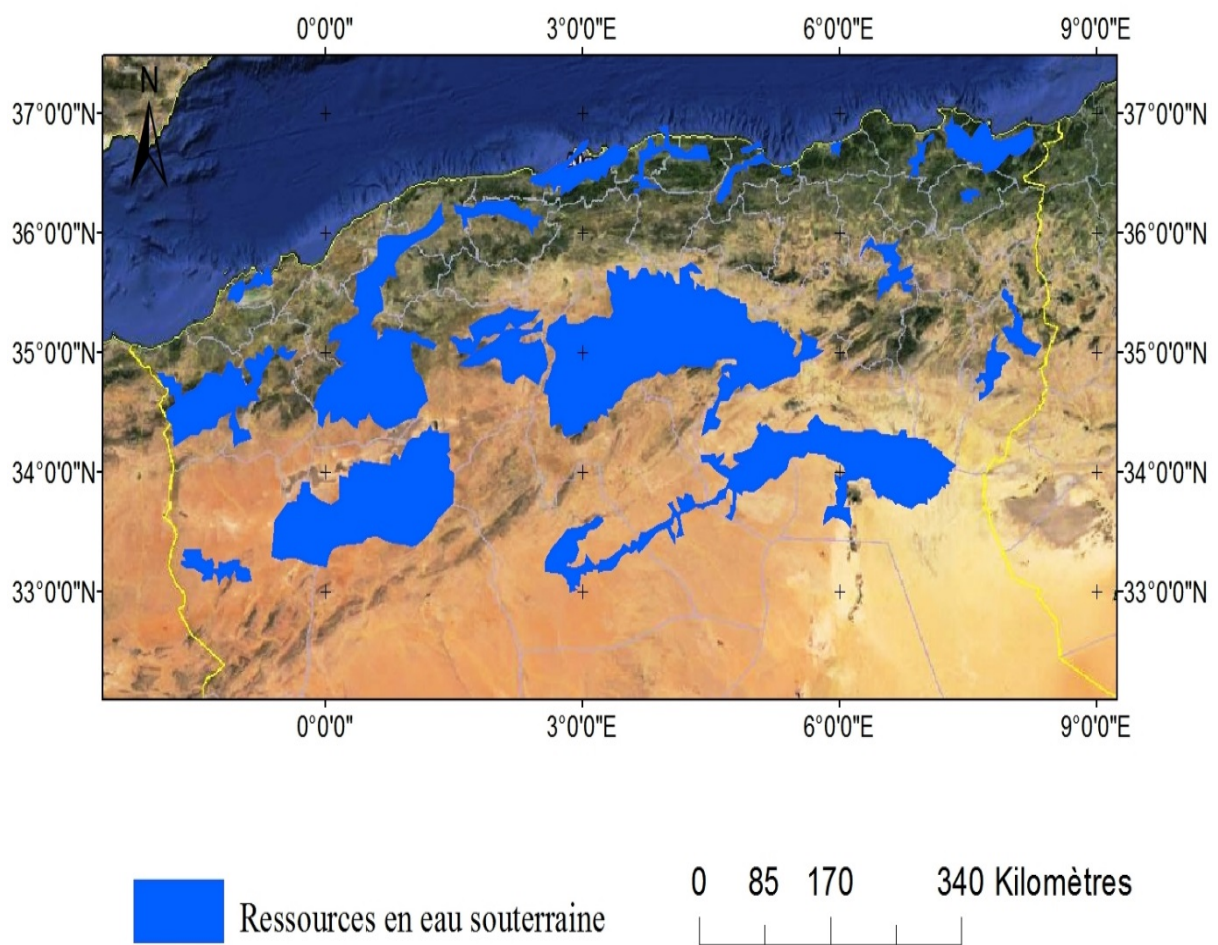


Figure 15 : Carte des ressources en eau souterraine

6-2) Dessalement de l'eau de mer

A toutes ces importantes actions, s'ajoute un important programme de Dessalement d'eau de mer a été engagé et recouvrira à la fin de l'année 2009, un total de 13 stations avec une production de près de 2,26 millions de m³ /jour, soit 825 millions de m³/an. Cette quantité représentera près de 1/3 des capacités de retenue des barrages qui existaient jusqu'en 2000. Ce programme stratégique est destiné à libérer le pays de la dépendance de la pluviométrie pour l'alimentation en eau potable des populations des régions côtières, et notamment dans l'ouest du pays qui souffre d'un grave déficit chronique en pluviométrie. Deux stations sur les 13, sont déjà en production à savoir celle d'Arzew pour Oran et celle de Hamma pour Alger, alors que près de 10 contrats de réalisation ont déjà été conclus avec des chantiers lancés et en voie d'achèvement. ⁽⁷⁴⁾

7) Utilisation des ressources en eau :

Les ressources en eau actuellement utilisées sont évaluées pour tout le pays à près de 4,250 milliards de m³. La consommation des eaux, par secteur d'activités, se répartit comme suit :

- l'agriculture consomme 2,550 milliards de m³,
- l'alimentation en eau potable et industrielle s'élève à 1,5 milliards de m³,
- la production d'énergie électrique nécessite 0,2 milliards de m³. ⁽³⁵⁾

Type de ressources en eau	Potentielles (hm ³)	Mobilisables (hm ³)
Eaux superficielles	12 410	4 500
Eaux souterraines	6 836	4 900

Tableau 6 : Ressources en eaux potentielles et mobilisables (ANRH)

7-1) Eaux superficielles**7-1-1) Barrages**

Il y a 25 barrages dans le bassin du Cheliff dont 16 en exploitation de capacité de 2 199,9 hm³. Le tableau ci-après renseigne sur l'état des réserves et la situation d'exploitation des barrages du Cheliff. Actuellement, deux barrages sont en construction, il s'agit de Kef- Eddir et du barrage du Cheliff (Système MAO) avec une capacité total de 236 hm³. En plus, il existe quatre barrages en projet avec une capacité de 204 hm³. L'état d'envasement des barrages en exploitation varie entre 3 et 63 % avec un taux d'envasement moyen de 25 %.

Globalement les ressources en eau mobilisées (Volume régularisable total des barrages en exploitation au niveau de la région du Chéllif) sont évaluées à près de 554,60 hm³/an, (172,50 hm³/an destinées à l'AEP et 382,10 hm³/an pour l'irrigation) avec une capacité totale de 2 200 hm³. ⁽⁴⁸⁾

Nom Barrage	Oued	Date de mises-en service	Capacité totale (hm ³)	Volume à la date 02/11/05 (hm ³)	Volume à la date 23/10/06 (hm ³)	Volume à la date 31/10/06 (hm ³)	Taux de remplissage (%)
Kramis	Kramis		45,38	5,12	21,69	21,60	47,6
Boughezoul	Nahr Ouassel	1934	20,27	25,70	0	0	0
Ghrib	Cheliff	1939	115,32	28,44	23,19	22,73	19,7
Harreza	O. Harreza	1984	76,65	6,01	3,63	3,52	4,6
Deurdeur	Deurdeur	1985	105,12	18,68	22,21	21,36	20,3
Ouled Mellouk	Rouina	2003	127	5,55	19,64	19,28	15,2
Oued Fodda	O. Fodda	1932	102,85	0,12	1,14	1,14	1,1
Koudiat Rosfa	Oued Fodda	2004	75	2,97	11,14	11,12	14,8
Sidi Yacoub	Lardjem	1986	252,85	12,90	30,17	29,79	11,8
C. Bougara	Nahr Ouassel	1990	11,32	3,39	3,34	3,27	28,9
Dahmouni	Nahr Ouassel	1987	39,52	11,41	15,04	15,04	38,1
Bakhadda	Mina	1936	39,94	8,82	8,22	8,06	20,2
S.M.B.Aouda	Mina	1978	153,71	27,94	19,37	18,97	12,3
Gargar	O.Rhiou	1988	358,28	10,18	26,68	25,91	7,2
Merdja.S.Abed	Cheliff	1984	47,97	0	5,55	5,01	10,4
S. M Bentaiba	Ebda	2005	75	0	44,56	44,00	58,7
Total			1646,18	167,23	255,57	250,80	15,24

Source : ANBT

Tableau 7 : Etat des réserves des barrages en exploitation

8) La stratégie d'adaptation dans le secteur des ressources en eau

Cette stratégie s'est appuyée sur des programmes de développement portant, notamment sur la construction de nombreux barrages dans les principaux bassins hydrographiques, dont l'interconnexion, à travers des systèmes de transfert d'eau, a permis de tisser une véritable toile au niveau de toutes les régions du pays pour desservir les zones enclavées à travers :

- le développement des capacités de production d'eau non conventionnelle faisant appel aux techniques de dessalement de l'eau de mer (ex : station pilote d'Alger) ;
- la réalisation de transfert d'eau inter régions pour faire face aux sècheresses locales ou régionales ;
- la récupération des eaux usées traitées pour les besoins de l'agriculture et de l'industrie ;
- la mobilisation des ressources en eau superficielles et souterraines ;
- la réalisation de réseaux d'adduction et de distribution ;
- l'extension des superficies irriguées pour soutenir la sécurité alimentaire du pays ;
- la lutte contre la déperdition de la ressource à travers, notamment une gestion rationnelle de ces ressources ;
- la réforme du cadre juridique, institutionnel organisationnel pour assurer une bonne gouvernance de l'eau et une amélioration des indicateurs de gestion. ⁽³⁵⁾

Les changements climatiques sont intégrés dans le nouveau programme national de recherche (2009-2014) pour stimuler le développement de la recherche relative à la vulnérabilité et à l'adaptation à travers l'ensemble des bassins du pays. Plusieurs activités de recherche ont déjà été menées dans les universités et les centres de recherche sur cette thématique devenue prioritaire. ⁽¹¹⁾

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques a initié une étude générale de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau en Algérie. Cette étude, en phase de finalisation, 109 prévoit la mise en place de systèmes d'alerte et d'annonce des crues à titre expérimental à Oued El Harrach et Oued Mekerra, avant de le généraliser à d'autres bassins à risque. ⁽¹¹⁾

Le pays, ne possédant que 44 barrages jusqu'en 2000 pour une capacité de stockage de 2,2 milliards de m³, a mis en exploitation 15 nouveaux barrages durant les cinq dernières années, dont ceux de Béni Haroun (Mila) et de Taksebt (Tizi-Ouzou) en 2007, avant d'en réceptionner 13 autres. Ce qui portera le nombre de barrages à 71 et la capacité de mobilisation à 7,1 milliards de m³/an à la fin de l'année 2009. ⁽⁵⁾

Des grands systèmes de transfert sont lancés autour des barrages de Béni Haroun pour desservir les wilayas de l'Est, les barrages de Taksebt et Koudiet Acerdoune pour les wilayas du centre et Cheliff et de Kerrada pour les wilayas de l'Ouest (système, intitulé le MAO (Mostaganem-Arzew-Oran) et enfin les régions Sud et des Hauts-plateaux bénéficieront, également, de transferts d'eau de forages effectués sur la nappe albienne (740 km pour l'alimentation de Tamanrasset à partir de Ain Salah). ⁽⁴¹⁾

Conclusion

À la fin de ce chapitre il nous reste qu'à mettre en évidence que le changement climatique est en état de croissance il s'accroît jour après jour, et que les efforts fournis par le pays l'adaptation construite face au changement climatique c'est un point positif à mettre en priorité major.

Conclusion

L'eau étant la ressource la plus essentielle à la vie, et nécessaire à tous les secteurs, il faut se poser la question suivante : parviendrons-nous à approvisionner en eau douce la population en 2050 pour tous ses besoins, domestiques, agricoles, industriels.

La question est d'autant plus douloureuse que le changement climatique accentue cette pression exercée par l'homme sur le cycle hydrologique et sur la ressource en eau. Les ressources hydriques sont vulnérables aux variations climatiques.

L'eau et sa gestion sont des problèmes conditionnant l'avenir de l'Algérie, le changement climatique pourrait placer notre pays dans des situations inconfortables puisque le volume maximal d'eau mobilisable serait déficitaire d'ici 2025. ⁽²⁾

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 ⁽⁷⁾. Cette politique de développement vise deux objectifs ⁽¹⁾.

1) La sécurisation de l'alimentation en eau potable des populations.

2) Amélioration du taux de sécurité alimentaire par les possibilités offertes au maintien et à l'extension des superficies irriguées.

Référence :

- 1 : le changement climatique Jean-Loup PUGET, 26 octobre 2010
- 2 : Anonyme 2010 – Vulnérabilité du secteur de l'eau aux changements climatiques en Algérie. Projet GEF/PNUD.
- 3 : 1997 - La gestion de l'eau en Algérie, Hydrological Sciences-Journal des Sciences Hydrologiques ; 42(2) : 191 – 197.
- 4 : BLAVOUX II. (1978) : Etude du cycle de l'eau au moyen de l'oxygène 18 et du tritium. Possibilités climatiques de la mesure des isotopes du milieu en hydrologie de la zone tempérée. Thèse Doct. D'Etat, Univ. Paris VI, 332p
- 5 : AGOUMI A. (2003). Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques. Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre. Maroc, Institut international du développement durable, 14 p
- 6 : MEDDI M., HUBERT J. (2002).- Changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau. Forum international organisé par ACMAD sur les changements climatiques dans les pays méditerranéens et de l'Afrique. Alger.
- 7 : Medjrab A. (2005) : Etude de la pluviométrie de l'Algérie occidentale : approche statistique cartographie automatique. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Bab Ezzouar-Alger, Algérie, 330 pages.
- 8 : Meddi H. (2001) : Quantification des précipitations : application au nord-ouest algérien-méthodologie Pluvia. Mémoire de magister, Centre Universitaire de Mascara, 140 pages.
- 9 : Meddi M., Meddi H. (2005) : Sécheresse météorologique et agricole dans le Nord-Ouest de l'Algérie. 2ème colloque méditerranéen sur l'eau et l'environnement, Alger pp 154-164.
- 10 : AZZAZ H., 2001. Impact du climat sur les ressources en eau superficielles et souterraines dans les bassins versants de la haute et la moyenne Tafna. Mémoire de magister, C.U.Mascara, novembre 2001.
- 11 : Kéttab.A, 2001, les ressources en eau en Algérie, stratégies, enjeux et vision, Elsevier science.
- 12 : LEVASSOR A. ; 1978 : Simulation et gestion des systèmes aquifères. Application aux nappes du CT du Sahara algérien. thèse doct. Paris VI.
- 13 : MÉDAIL F. ET QUÉZEL P. 1997 - Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. Ann. Missouri Bot. Gard., 84 : 112-127.
- 14 : KERROUCHE M., 1998. Changements climatiques et prévision climatique cas de l'Algérie. mémoire d'ingénieur, I.H.F.R , 1998.
- 15 : Nedjraoui Dalila. Identification scientifique de l'interaction changements climatiques désertification : vulnérabilité des écosystèmes à la sécheresse et principes d'adaptation. Algérie, décembre 2007.
- 16 : Zia Houmani. Country Profile of Algeria. CIHEAM - Options Méditerranéennes
- 17 : IPCC, (2001) : « Bilan des changements climatiques : éléments scientifiques ». Rapport du groupe de travail I.
- 18 : Dubief J., (1959) : « Le climat du Sahara ». Mémoire de l'Institut de Recherches Sahariennes, Algérie 1 et 2 : 312 pp + 275 pp. -Servat E., Hughes D., Fritsch J.-M., Hulme M. (1998) : Water Resources Variability in Africa The Journal of North African Studies 304, 253-292.
- 20 : Semiani M., Belkhiri F. et Oukil S. Les accidents climatiques : importance/Indicateurs d'évaluation. IV^o Forum des Assurances d'Alger. Réformes dans les assurances : Plus de rigueur au service de la société. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.
- 21 : Samir Grimes. Etude des interactions « Changements climatiques - Littoral en Algérie ». Projet, 00039149/ GEF/PNUD. Algérie, 2008.

- 22** : Perrodon, A. (1957) Etude géologique des bassins néogènes sublinéaires de l'Algérie Nord Occidentale. Thèse Paris, Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouv. Ser. no. 12.
- 23** : Medjrab A., 2005 : Etude pluviométrique de l'Algérie Nord-Occidentale, approche statistique et cartographie automatique. Thèse de doctorat d'Etat. USTHB, 2005
- 24** : Meddi, M. Humbert, J. Variabilité pluviométrique dans l'ouest Algérien durant les cinq dernières décennies. 13ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. 6 au 8 Septembre (2000) Nice, France.
- 25** : Meddi, M. Hubert, P., Bendjoudi, H. Impact du changement du régime pluviométrique sur les ressources en eau dans le Nord-Ouest de l'Algérie. Hydrologie des régions Méditerranéennes et semi-arides, 1-4 Avril 2003, Montpellier, France.
- 26** : MEDDI M. & BOUCEFIANE A. (2008) : Impact of Climate Change on the renewal of underground water resources (Case Hydrographic Basin Chélif-Zahrez). Groundwater & Climate in Africa, Kampala, Uganda, 2008
- 27** : MATE. Vulnérabilité du littoral face aux changements climatiques en Algérie. Projet 00039149/GEF/PNUD. Algérie, 2008.
- 28** : MATE. Vulnérabilité des bassins versants algériens aux changements climatiques. Projet 00039149/GEF/PNUD. Algérie, 2008.
- 29** : IPCC, 2001 b: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. A Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, and K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1032 pp.
- 30** : Institut National de Cartographie et Télédétection. Djazaïrouna. L'Atlas pratique de l'Algérie. 1ère édition. Alger. 1er novembre 2004.
- 31** : DGF. ATLAS des zones humides d'importance algérienne internationale. Algérie, 2004.
- 32** : Claussen M , Brovkin V, Ganopolski A, et al. 2003. Climate change in northern Africa: The past is not the future. Climatic Change 57 (1-2), 99-118.
- 33** : Boucefiane, A. Cartographie automatique des précipitations du bassin Cheliff-Zahrez, Mémoire de Magistère, Centre Universitaire de Khemis Miliana, Avril (2006) 180p.
- 34** : TAYEB E., 1996. Impact de la sécheresse sur la production Agricole et implications agronomiques. Atelier sur la prévention et la gestion des situations de sécheresse dans les pays du Maghreb. juin 1996, pages 97-106.
- 35** : « La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique » ROUISSAT Bouchrit b_rouissat@mail.univ-tlemcen.dz ALGÉRIE
- 36** : PLOTNICOV N.A. (1962) « Ressources en eau souterraines : Classification et méthodes d'évaluation » GauthierVillas et CIE Editeur Paris.
- 37** : DECHEMI N, AIT MOUHOUB D, SOUAG D, 2000 Contribution à l'analyse du régime pluviométrique sur le littoral algérien. Sécheresse, volume 11, N 01, mars 2000
- 38** : ELOUISSI A. (2004) : impact des changements climatiques sur les ressources hydriques et la diversité biologique. Mémoire de magister, C.U.Mascara.
- 39** : ROGNON R. (1996) : sécheresse et aridité : leur impact sur la désertification au Maghreb. Sécheresse N°4, volume 7, décembre 1996, pp 287-297.
- 40** : ELOUISSI A. (2004) : impact des changements climatiques sur les ressources hydriques et la diversité biologique. Mémoire de magister, C.U.Mascara.
- 41** : GHACHI A., 1986. Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie, OPU - Alger.
- 42** : DAGET P., 1977 - Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. Vegetatio, 34, 1-20.
- 43** : AUCLAIR D., et BIEHLER J., 1967. Etude géologique des Hautes Plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda – Publ. Serv. Géol. Alger. – Bull. 34.

- 44** : HOFF C., ET RAMBAL S., 2000 - Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques. Impacts potentiels du changement climatique en France au XXIème siècle. Minist. Aménagement du Territoire et de l'environnement, Paris, 88-98.
- 45** : Livre de Jean-Marc Jancovici et Hervé Le Treut : l'effet de serre, allons-nous changer le climat aux éditions « Champs, sciences »
- 46** : KETROUCI K. (2002) : la sécheresse dans le Nord-ouest algérien et son incidence sur la production de blé dur. Mémoire de magister, C.U. Mascara.
- 47** : Arnell N.W. (2006) : Climate change and water resources. In Avoiding dangerous climate change, Schellnhuber H.J (eds.). Cambridge : Cambridge University Press, p. 167-176.
- 48** : GAUME, E. (2001-2002), Hydrologie de versants et de bassins versants et modélisation pluiedébit, cours à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
- 49** : Mourad Allal (L'Éco n°107 / du 1er au 15 mars
- 50** : Y.Méribet, Ingénieur d'Etat en Engineering pétrolier. Saphir
- 51** : Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida» Par Abdelkader KHALDI 2005
<http://hydrologie.org/THE/KHALDI.pdf>
- 52** : République Algérienne démocratique et populaire, climat
http://www.khaoula.com/algerie_climat.htm le 14/05/2014 à 11h50.
- 53** : Notre planète .info
http://www.notreplanete.info/actualites/actu_2569_academie_sciences_rechauffement_climatique.php le 21/04/2014
- 54** : CNRS ; Extrait de la Lettre du Changement global n°19 - Programme International Géosphère Biosphère (IGBP) - Programme Mondial de Recherches sur le Climat (WCRP) - Programme International «Dimensions Humaines» (IHDP) - Diversitas - Earth System Science Partnership (ESSP)
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/biblio/pigb19/03_montee.htm
- 55** : LGGE (Laboratoire de Glaciologie et géophysique de l'Environnement) de Grenoble et de chercheurs de l'université de Louvain. <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/1078.htm>
- 56** : http://www.leconews.com/fr/actualites/nationale/investissement/30-barrages-en-cours-de-realisation-20-01-2014-167251_360.php
- 57** : <http://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/library/brochures/pdfs/arcgisextbro.pdf>
- 58** : <http://www.greenfacts.org/fr/ressources-eau/>
- 59** : www.leschangementsclimatiquesenalgerie.fr
- 60** : http://www.mre.dz/index_fr.php?action=mobilisation&id=35
- 61** : http://www.crige-paca.org/fileadmin/documents_site/publication/vademecum/Fiche1.pdf
- 62** : <http://eauabanon.canalblog.com/archives/2007/05/11/4912644.html>
- 63** : Essayer Microsoft Office 365 gratuitement [archive] sur le site de Microsoft
- 64** : <http://www.ins-med.org/2010/11/mediterranee-et-changement-climatique/>
- 65** : file:///C:/Users/Pavillon/Downloads/CP_IRD_MEDCOP21_discours+PDG.pdf
- 66** : <http://www.webreview.dz/?Vulnerabilite-de-la-ressource-en-eau-souterraine>
- 67** : <http://www.cartograf.fr/les-pays-algerie.php>
- 68** : <http://www.dicodunet.com/definitions/google/google-earth.htm>
- 69** : <http://www.geo.fr/fonds-d-ecran/nature/secheresse2>
- 70** : <https://fr.sott.net/article/16689-Des-orages-causent-des-inondations-torrentielles-en-Algerie-et-en-Tunisie-7-morts>
- 71** : <http://www.oss-online.org/fr/projet-%C2%AB-syst%C3%A8me-aquif%C3%A8re-du-sahara-septentrional-%C2%BB-sass>
- 72** : <http://terresacree.org/rechauf.htm>

73 : <http://www.geo.fr/var/geo/storage/images/voyages/vos-voyages-de-reve/algerie-hoggar-et-sahara-du-sud/region-de-beni-abbes-secheresse/471859-1-fre-FR/secheresse.jpg>

74 : <http://fseg.univ-tlemcen.dz/rev%2010%20en%20pdf/ROUISSAT%20Bouchrit.pdf>