

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Biodiversité et environnement

Présenté par :

AICHOUNE SARA & LARBAOUI LOUBNA HOURIA

Thème

**Contribution à l'étude des caractères climatiques et
bioclimatiques de la région de AIN BESSAM (wilaya de
Bouira, centre de l'Algérie)**

Soutenu le : 20 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

| <i>Nom et Prénom</i> | <i>Grade</i> | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------|
| ARAB AMAR | MCB. | Univ. de Bouira | Président |
| SALIM LAMINE | MCB. | Univ. de Bouira | Examineur |
| BARA MOUSLIM | MCA. | Univ. de Guelma | Promoteur |
| MUSTAFAOUI MAROUANE | Ing. | Station météorologique – Ain Bessam | Co Promoteur |

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

A nos chers parents en guise de gratitude pour tous leurs sacrifices, soutien, confiance, compréhension et amour. Vous êtes les êtres les plus chères à nos cœurs, aucun mot ne pourra exprimer notre gratitude et nos estime pour vous.

A nos très chers frères et sœurs

A nos camarades de la promotion biodiversité et environnement

Que tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements.

Remerciements

A l'occasion de la rédaction de ce mémoire de fin d'étude, nous tenons particulièrement, à remercier en premier lieu Dieu tout puissant de nous avoir donné la possibilité d'étudier et de pouvoir terminer ce travail.

Nos profonds remerciements vont aux deux membres de jury : monsieur SALIM LAMINE (MCB) et monsieur ARAB AMAR (MAA) de l'université de Bouira pour avoir accepté d'examiner et juger ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Mr BARA MOUSLIM (maitre de conférence - université de Guelma) pour avoir accepté de nous encadrer dans ce projet et Mr MUSTFAOUI MAROUANE (directeur de la station agro-météorologique - Ain Bessam) pour sa participation au Co-encadrement de ce travail. Nous les remercions aussi pour leurs orientations, leurs judicieux conseils et leurs disponibilités durant toute la période de notre projet.

Nous voudrions aussi exprimer notre vive reconnaissance envers tous les enseignants et enseignantes de notre spécialité BIODIVERSITE ET ENVIRONNEMENT, département de Biologie (université de Bouira) ainsi que tous ceux qui ont participé à notre formation.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

| | <i>Pages</i> |
|---|--------------|
| Introduction | 1 |
| <i>Chapitre 1 : Généralités sur le climat</i> | |
| 1 Définitions | 4 |
| 2 Les éléments de climat | 4 |
| 2.1 L'atmosphère | 4 |
| 2.1.1 La pression atmosphérique | 5 |
| 2.1.2 Les masses d'air | 5 |
| 2.2 Le rayonnement solaire | 6 |
| 2.3 Les nuages | 7 |
| 2.4 Le brouillard | 7 |
| 2.5 Humidité de l'air | 8 |
| 3 Les factures climatiques | 8 |
| 3.1 Température | 8 |
| 3.2 Les précipitations | 9 |
| 3.3 Le vent | 9 |
| 3.3.1 Origine du vent | 9 |
| 3.3.2 Type du vent | 10 |
| 3.3.2.1 Vents dominants | 10 |
| 3.3.2.2 Vents locaux | 11 |
| 3.3.2.3 Vents saisonniers | 11 |
| 3.3.3 L'échelle de Beaufort | 11 |
| 3.3.4 Circulation atmosphérique | 11 |
| 4 Classification du climat | 12 |
| 4.1 Les échelles climatiques | 12 |
| 4.1.1 Les climats zonaux | 12 |
| 4.1.2 Les climats régionaux | 12 |
| 4.1.3 Les climats locaux | 12 |

| | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 4.1.4 | Les microclimats | 13 |
| 4.2 | Les zones climatiques du mode | 13 |
| 5 | Climat en Algérie | 15 |
| 6 | Concept de la bioclimatologie | 16 |

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Description de la région d'Ain Bessam | 17 |
| 2 | Fiche descriptive de la station météorologique Ain Bessam | 17 |
| 2.1 | Appareillage de mesure | 18 |
| 2.2 | Rôle de la station | 19 |
| 3 | Analyse des paramètres climatiques | 19 |
| 3.1 | Diagrammes de GAUSSEN et BAGNOULS | 20 |
| 4 | Les indices bioclimatiques | 20 |
| 4.1 | Indice de GIACOBÉ (ISE) | 20 |
| 4.2 | Quotient d'EMBERGER | 20 |
| 4.3 | Indice d'aridité de DE MARTONNE (I) | 20 |
| 4.4 | Indice de BUDYKO (D) | 21 |
| 4.5 | Classification climatique de KOPPËN | 21 |
| 5 | Analyse des données | 21 |

Chapitre 3 : Résultats et discussion

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Variation par année des paramètres climatiques au niveau de la région de Ain Bessam | 23 |
| 1.1 | Variation de la température de l'air | 23 |
| 1.2 | Variation des précipitations | 23 |
| 1.3 | Variation de la vitesse du vent | 24 |
| 1.4 | Variation du taux d'humidité | 25 |
| 1.5 | Variation de l'évaporation : | 25 |
| 2 | Variation par mois des paramètres climatiques au niveau de la région de Ain Bessam | 26 |
| 2.1 | Variation de la température de l'air | 26 |
| 2.2 | Variation des précipitations | 27 |
| 2.3 | Variation de la vitesse du vent | 27 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.4 | Variation du taux d'humidité | 28 |
| 2.5 | Variation de l'évaporation | 28 |
| 3 | Tendance saisonnière des températures et précipitation de Ain Bessam | 29 |
| 4 | Analyse climatique | 33 |
| 5 | Synthèse climatique de Gausсен-Bagnouls | 33 |
| 6 | Caractérisation bioclimatique de la région de Ain Bessam | 34 |
| 6.1 | Variation annuelle de l'indice de GIACOBЕ (I.S.E) | 34 |
| 6.2 | Détermination du quotient pluviométrique d'EMBERGER | 35 |
| 6.3 | Les indices d'aridité (I) | 35 |
| 6.3.1 | Indice de DE MARTONNE | 35 |
| 6.3.2 | Indice de BUDYKO (D) | 36 |
| 6.4 | Classification climatique de Koppen | 37 |
| 7 | Discussion | 38 |
| | Conclusion | 40 |
| | Références bibliographiques | |
| | Annexes | |

Liste des abréviations

| | |
|--------|---|
| ADEM | Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie |
| ANDI | Agence nationale de Développement de l'Investissement |
| CEA | Commissariat à l'Energie Atomique |
| CGDD | Commissariat Général au Développement Durable |
| DGE | Direction Générale de l'Environnement |
| ETP | Evapotranspiration Potentielle |
| GES | Gaz à Effet de Serre |
| GIEC | Groupe Intergouvernemental des experts du climat |
| GRPS | General Packet Radio Service |
| GSM | Global System for Mobile |
| I.S.E | Indice de sécheresse estivale |
| ONS | Organisation National des Statistiques |
| OMM | Organisation Météorologique Mondiale |
| PE | Pluie Estivale |
| PNC | Plan National Climat |
| Q.A | Québec Amérique |
| SAT | Superficie Agricole Totale |
| SAU | Superficie Agricole Utile |
| UTCATF | Utilisation des Terres, le Changement d'Affectation des Terres et la Foresterie |

Liste des figures

| Figure | Titre | Pages |
|--------|---|-------|
| 1 | Stratification des différentes couches de l'atmosphère (CEA, 2013) | 5 |
| 2 | Flux d'énergie au sein du système climatique (FRANCOIS et al., 2018) | 6 |
| 3 | Mouvement de l'aire entre l'anticyclone (A) et la dépression (D) (BOUKHETTA, 2011) | 10 |
| 4 | Caractérisation des principales cellules du vent dans monde et mouvement des anticyclones et dépression (RINGARD, 2017) | 12 |
| 5 | Cartographie des climats dans le monde (MERIE, 2006) | 13 |
| 6 | Zonation climatiques en Algérie (RHISSAAG, 2018) | 15 |
| 7 | Situation géographique de la Daira de Ain Bessem (Google Maps, 2020) | 17 |
| 8 | Variation annuelle des températures de l'air moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 23 |
| 9 | Cumul des précipitations par année au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 24 |
| 10 | Variation annuelle de la vitesse du vent moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 24 |
| 11 | Variation par années des taux d'humidité moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 25 |
| 12 | Variation de l'évaporation annuelle moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 26 |
| 13 | Variation mensuelle des températures de l'air moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 26 |
| 14 | Cumul des précipitations par mois au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 27 |
| 15 | Variation mensuelle de la vitesse moyenne du vent moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 28 |
| 16 | Variation mensuelle du taux d'humidité moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 28 |
| 17 | Variation mensuelle de l'évaporation moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018 | 29 |
| 18 | Variation saisonnières du cumul de pluviométrie au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018). a : hiver, b : automne, c : été, d : printemps | 31 |

| | | |
|----|---|----|
| 19 | Variation saisonnières du cumul de température au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018). a : hiver, b : automne, c : été, d : printemps | 33 |
| 20 | Illustration de la relation pluviométrie/température par le diagramme de Gaussen Bagnouls au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018) | 34 |
| 21 | Variation annuelle de l'indice de GIACOBÉ au niveau de la région de Ain Bessam | 35 |
| 22 | Variation annuelle de l'indice de De Martonne au niveau de la région de Ain Bessam | 36 |

Liste des Tableaux

| Tableau | Titre | Pages |
|---------|--|-------|
| 1 | Caractéristiques morphologiques des différentes formes de nuages (MAMECIER et BEAUX, 1994) | 7 |
| 2 | Echelle de Beaufort pour la mesure de la vitesse du vent (MAMECIER et BEAUX, 1994) | 11 |
| 3 | Valeurs annuelles de l'indice de BUDYKO au niveau de la région de Ain Bessam | 36 |

Introduction

Introduction :

Le climat a toujours présenté une variabilité inter et intra annuelle avec des périodes chaudes ou froides et des années sèches ou humides ; mais il était considéré comme stationnaire sans organisation interne propre. Aujourd'hui l'homme remarque, grâce à des longues séries de données couvrant le globe, que le climat se dérègle, change, se réchauffe avec des extrêmes plus fréquents (MATARI, 2016).

La communauté scientifique internationale s'est beaucoup intéressée à l'étude de ce cycle. La principale problématique qui en est ressortie réside dans la variabilité climatique et au changement climatique. Dans plusieurs régions du globe, les événements météorologiques extrêmes sont devenus de plus en plus fréquents et de plus en plus répandus. Cela a rappelé à la communauté scientifique internationale une évidence axiale : le climat de notre planète est très variable dans le temps et dans l'espace. Dans cette optique, l'organisation météorologique mondiale (OMM) et le Groupe Intergouvernemental des experts du climat (GIEC) estiment qu'il est nécessaire actuellement, d'entreprendre des études de diagnostic pour déterminer empiriquement et statistiquement les caractéristiques du système climatique et sa variabilité pour différentes régions du globe (RHISSA, 2018).

Les résultats et constatations obtenus par la communauté scientifique et notamment du groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat font désormais consensus : le climat de la planète se réchauffe. Il est possible d'observer ce réchauffement à partir de nombreux indicateurs, plus ou moins indirects. Pour ce qui est des causes du changement climatique, des éléments scientifiques montrent comment les émissions de gaz à effet de serre « GES » liées aux activités humaines dérèglent l'effet de serre naturel et induisent une augmentation des températures (CGDD, 2019).

Les émissions des GES liées aux activités humaines (incluent l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie «UTCATF») ont atteint les 53.4 GT CO₂ éq en 2016 ; le CO₂ (hors UTCATF) représentant près de 72 % de ce totale. Les émissions mondiales de CO₂ hors UTCATF ont progressé de plus de 60 % entre 1990 et 2016 avec des évolutions contrastées selon les pays.

Ce groupe intergouvernementale GIEC met en avant des hypothèses très probables concernant les effets de ce réchauffement : une hausse des températures moyennes supérieure

à 2°C d'ici 2100, sauf si on suit un scénario très ambitieux de réduction des émissions de GES, à savoir 10 % de réduction tous les 10 ans. S'ajoutons à cela une hausse du niveau des mers plus importante que ce qui était prévu dans les analyses antérieures et des événements climatiques extrêmes plus violents et plus fréquents (sécheresses, pluies diluviennes, tempêtes) (ADEM, 2019)

La région méditerranéenne fait partie des régions les plus sensibles à cette variabilité particulièrement sa rive sud qui est considérée comme très vulnérable. En effet, en l'Algérie et dans d'autres pays du Maghreb, la variabilité de la disponibilité des ressources en eau n'est pas récente. Mais ces dernières années, la sécheresse s'est manifestée d'une manière préoccupante, sévère, persistante et avec une intensité remarquable (RHISSA, 2018).

En Afrique du Nord, le Maghreb est soumis au climat de type méditerranéen ou dominant les étages bioclimatiques semi-aride, aride et hyper aride (BENYETTOU et BOUKLIKHA, 2017). Les experts du GIEC prévoient un réchauffement de l'ordre de 1°C entre 2000 et 2020 et une perturbation de la pluviométrie avec une tendance à la baisse de 5 à 10 %. En 2050, la température pourrait augmenter de 3°C et dépasser 5°C en 2100 avec une diminution des pluies de 10 à 30 % en 2050 et de 20 à 50 % en 2100 (LALAOUI, 2012).

L'Algérie a connu un important développement sur le plan urbain et industriel. Son impact sur l'environnement a engendré une dégradation contenue et une pollution atmosphérique importante accentuée par le trafic automobile (ONS, 2006). Les deux importants gaz qui constituent la majeure partie des émissions de gaz à effet de serre en Algérie sont le gaz carbonique (CO₂) et le méthane (CH₄) (DGE, 2001). Selon les recommandations du GIEC pour une échelle de 20 ans, les émissions de méthane en million de tonnes équivalent -CO₂- vont doubler entre 1994 et 2020 et 14 ensemble des 2 émissions seront multipliées par deux fois et demi (DGE, 2001).

La problématique du changement climatique est mal étudiée en Algérie. Les scientifiques n'ont pas une évidence concrète concernant le changement dans les paramètres climatiques. Peu d'études scientifiques sont entreprises dans cette région pour identifier la relation entre le climat et l'entité biologique (la biodiversité). La majorité des données représente des relevés simples de quelques paramètres climatiques pour un objectif autre qu'écologiques et/ou environnementale (utilisations des données pour la navigation ; par exemple).

L'objectif de notre travail consiste principalement à étudier les caractéristiques climatologique et bio climatologique de la région Ain Bessem (wilaya de Bouira), les paramètres de précipitation et de température en été abordés comme des variables de base pour notre étude sur la période 1999-2018. Nous avons, ainsi entrepris une étude sur l'humidité, l'évaporation et le régime du vent pour l'objectif scientifique suivante :

- Analyser les séries des données climatiques ;
- Déterminer l'évolution annuelle et mensuelle de chaque paramètre climatique ;
- Comparaison interannuelle des cinq paramètres climatiques ;
- Caractérisation bioclimatique de la région de Ain Bessam.

Notre travail s'articule autour de trois chapitres interdépendants :

- Chapitre 1 : propose une synthèse bibliographique sur la composition du système climatique et son fonctionnement ;
- Chapitre 2 : traite la présentation de la région d'étude et la station agro météorologique de Ain Bessem ;
- Chapitre 3 : expose les résultats obtenus et leurs discussions.

Chapitre 1

Généralités sur le climat

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique. Pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés (**BARKAT, 2014**). En résumé, le climat est constitué d'une part, par une source d'énergie d'origine solaire dont les caractéristiques déterminées par la variation des facteurs cosmiques, et d'autre part, par des interrelations souvent complexes et non étroites entre les cinq grandes entités naturelles. Ces entités sont : l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère, la cryosphère ainsi que l'ensemble des êtres vivants (biosphère). Ces réservoirs redistribuent l'énergie accueillie sur la surface du globe à travers des transferts de mouvements, de masse, de chaleur et de gaz (**IKTITEN, 2014**).

1. Définitions :

Climat : Le mot « climat » est apparu au XII^{ème} siècle, ce mot signifie étymologiquement inclinaison mais aussi latitude. Emmanuel DE MARTONNE définit le climat en 1909 dans son traité de géographie physique comme : « l'ensemble de phénomènes qui se tiennent, température, vent, humidité, pluie sont dans une corrélation étroite et donne à chaque pays une physionomie reflétée généralement par la végétation » (**ROCHARD et al., 2006**).

Météo: c'est les conditions de l'atmosphère dans un lieu et un moment donné et leurs conséquences sur le quotidien et les activités humaines. On mesure la météo par les éléments suivants : la température, les précipitations, le vent, la visibilité, l'humidité, l'état du ciel (les nuages) et la pression atmosphérique (**KOLLING-BONIMETARHAM, 2014**).

Climatologie : c'est la science qui traite de divers états de l'atmosphère et de leur succession au-dessus de la terre (**NASSIRI, 2018**).

Météorologie : c'est la science qui étudie l'atmosphère terrestre en évaluant les éléments physique, tel le rayonnement solaire, l'humidité de l'air, le vent et les précipitations. La météorologie s'intéresse aussi aux facteurs qui règlent le climat (**ROGER, 2006**).

2. Les éléments du climat :

2.1. L'atmosphère :

L'atmosphère est la couche gazeuse qui enveloppe le globe terrestre (Figure 1). L'air dans lequel l'Homme vit habituellement (**DEVUYST, 1972**). L'atmosphère terrestre est essentiellement composée d'azote (78%) et d'oxygène (21%), ainsi que de nombreux gaz inertes : le méthane, l'hydrogène et l'ozone. En plus de ces gaz, l'atmosphère contient des proportions variables de vapeur d'eau et des aérosols en suspension (de minuscules particules

solide ou liquide d'origine variable) (DECONINCK, 2014). L'atmosphère est le siège d'un grand nombre de phénomènes tels que le rayonnement, l'électricité, les mouvements verticaux et horizontaux du vent (DEVUYST, 1972).

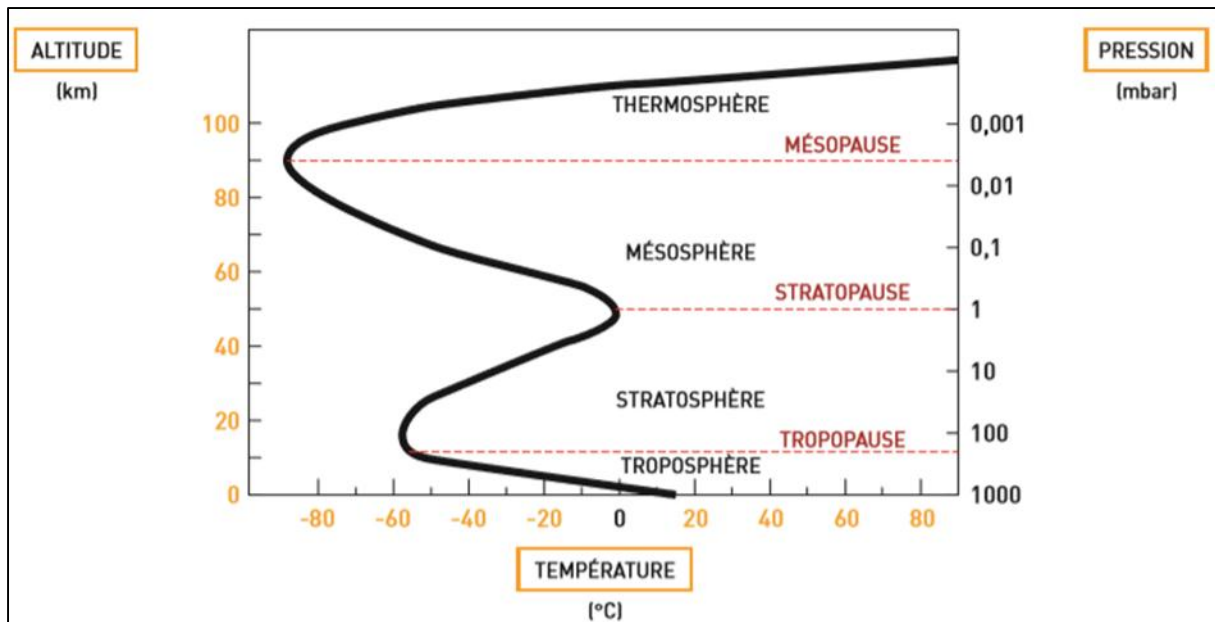


Figure 1 : Stratification des différentes couches de l'atmosphère (CEA, 2013).

2.1.1. La pression atmosphérique :

La masse de l'atmosphère est d'environ 5130 millions de tonnes. Elle pèse donc un certain poids à la surface de la planète ; elle exerce une pression appelée pression atmosphérique. Si l'air était équi-réparti tout autour de la terre, la pression atmosphérique « normale » au niveau de la mer s'élèverait à 1013.25 hectopascal (GODARD et TABEAUD, 2009). Plus on s'élève, moins la quantité d'air qui nous surmonte est importante. La pression atmosphérique diminue donc avec l'altitude. Dans la troposphère, cette diminution est à peu près régulière : elle correspond environ à 1 hectopascal tous les 8.50 mètres (QA INTERNATIONAL, 2007).

2.1.2. Les masses d'air :

On pourrait définir une masse d'air comme un grand volume d'air dont les propriétés physiques (température, humidité, gradient, densité) sont relativement uniformes dans le plan horizontal. Une masse d'air est mobile, déformable et transformable (GODARD et TABEAUD, 2009). Les masses d'air sont séparées par des surfaces de discontinuité appelées fronts, surfaces plus ou moins inclinées qui entrent en contact obliquement avec le sol, la terre est formé par deux fronts :

- Le front polaire de la zone tempérée : surface de discontinuité entre l'air tropical se dirigeant vers le nord-est et l'air polaire se dirigeant vers le sud-ouest ;
- Le front intertropical : qui correspond au plan de rencontre entre les masses d'air tropicales des deux hémisphères ou au plan de rencontre entre une masse d'air tropicale et une masse d'air équatoriale (MAMERCIER et BEAUX, 1994).

2.2. Le rayonnement solaire :

C'est la seule source d'énergie externe de notre planète (Figure 2). Le soleil, de par sa température d'environ 6000 °K, rayonne principalement dans le visible et le proche infrarouge (entre 300 nm et 1200 nm) avec un maximum aux environs de 500 nm. C'est le flux solaire parvenant à la limite de l'atmosphère, en fonction des effets de transmission et de diffusion de l'atmosphère (MERDAOUI, 2007). La distance moyenne de la terre au soleil est voisine de 150 millions de km. Le rayonnement solaire met environ 8 minutes pour nous parvenir (NIA, 2010). Ce flux d'origine externe est filtré par l'atmosphère qui en absorbe, réfléchit et diffuse une partie (KOLI BI ZUELI et PAULINE DIBI, 2011). La terre reçoit des quantités d'énergie différentes à l'équateur et aux pôles. Cette énergie s'accumule soit sous forme de chaleur soit sous forme de vapeur, et ce réchauffement inégal va mettre en circulation toute une masse atmosphérique de l'équateur aux pôles (SOLTNER, 2011).

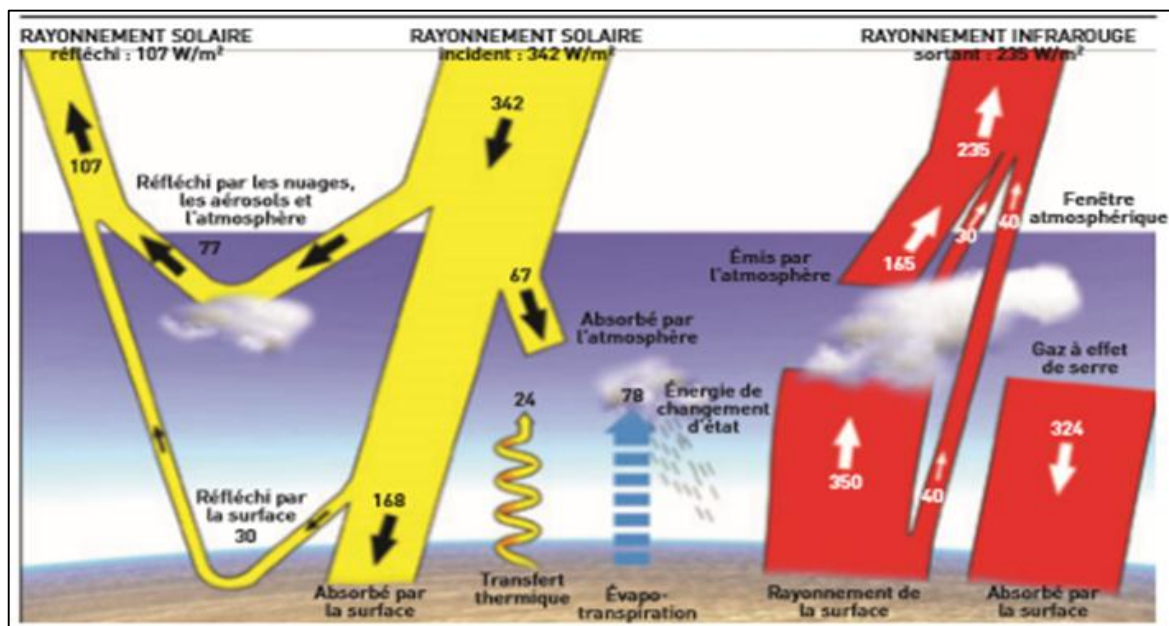


Figure 2 : Flux d'énergie au sein du système climatique (BREON et LUNEAU, 2018).

Globalement, la moitié de l'énergie solaire arrivant vers la terre est absorbée par les continents et les océans qu'elle réchauffe. Une partie de cette énergie est restituée, essentiellement sous forme de rayonnement infrarouge. Certains gaz présents en faible quantité dans l'atmosphère (vapeur d'eau, CO₂, méthane) absorbent le rayonnement infrarouge : seulement 10% du rayonnement émis par la surface s'échappe directement vers l'espace (Figure 2) (CEA, 2013).

2.3. Les nuages

L'aspect visuel des nuages varie considérablement en fonction de l'altitude à laquelle ils se forment, de la saison, du lieu et d'une manière générale, des conditions atmosphériques. Les couleurs qu'ils arborent ne sont dues qu'aux conditions d'éclairement (blancs lorsque leur surface est soumise au rayonnement solaire direct, grise/noire lorsque leur épaisseur est telle qu'elle atténue l'intensité du rayonnement solaire (DELMAS et al., 2007). Les nuages ne sont pas constitués uniquement de vapeur mais aussi de minuscules gouttelettes d'eau et de cristaux de glace (0.02mm de diamètre) qui rendent visible l'humidité de l'air (QA INTERNATIONAL, 2007). Le développement en hauteur d'un nuage correspond à la condensation de l'excédent de vapeur dégagé par le refroidissement pseudo-adiabatique d'un air saturé (Tableau 1) (VIGNEAU, 2005).

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques des différentes formes de nuages (MAMECIER et BEAUX, 1994).

| <i>Cirrus (ci)</i> | <i>Alto-cumulus (ac)</i> | <i>Nimbo-stratus(ns)</i> | <i>Cumulus(cu)</i> |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|---|
| <i>Cirro-cumulus (cc)</i> | <i>Alto-stratus(as)</i> | <i>Stratus(st)</i> | <i>Cumulo-nimbus(cb)</i> |
| <i>Cirro-stratus (cs)</i> | <i>Strato-cumulus (ss)</i> | | |
| Nuages supérieurs entre 6000m et la tropopause | Nuages moyens entre 2000m et 6000m | Nuages inférieurs au-dessous de 2000m | Nuages à développement vertical de 500m à la tropopause |

2.4. Le brouillard :

Le brouillard se forme par condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air. Le plus commun, le brouillard de rayonnement, est dû au refroidissement nocturne du sol (QA INTERNATIONAL, 2007). Le brouillard se forme lorsque la température reste positive. En revanche, si la température devient négative, la condensation se produit sous forme de gelée blanche ou de givre (DELMAS et al., 2007).

2.5. Humidité de l'air :

Le degré de l'humidité de l'air dépend de la quantité d'eau qui s'y trouve. Les océans constituent la principale source de vapeur d'eau dans l'air, car ils couvrent les trois quarts de la surface de la planète. Les autres sources sont les fleuves, les lacs et les rivières, le sol et la végétation (**DOUCET, 2006**). Il existe deux types d'humidité :

- L'humidité spécifique : mesure le poids exact de la vapeur d'eau contenue dans une masse d'air ;
- L'humidité relative : exprime le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans une masse d'air et celle qui nécessaire pour la saturer (**QA INTERNATIONAL, 2007**).

3. Les facteurs climatiques :**3.1. Température :**

C'est le degré de la chaleur et de froideur de l'atmosphère (**DRAOUI et ARRADJ, 2018**). La température traduit l'agitation moléculaire des gaz atmosphériques, conséquences des chocs entre les molécules. L'unité de température utilisée dans la vie courante est le degré Celsius (°C), mais l'unité nationale est le kelvin (K), ou $T(K) = T(°C) + 273.15$ (**DELMAS, 2007**).

Le paramètre de la température est indispensable à la climatologie, vu qu'il rend compte de son apport d'énergie à la végétation, de son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées (**GHALMI, 2012**). Dans les stations d'observations, on distingue la température minimale, maximale et moyenne (**DIOMANDE, 2014**). La température est l'un des facteurs constitutif du climat qui a un rôle important sur l'évapotranspiration (**MEGHERBI, 2015**). La température de l'air varie en fonction du lieu (latitude, altitude), de la saison, de l'heure, du vent, de la couverture nuageuse et de l'humidité (**DELMAS, 2007**). La température augmente par rapport aux conditions suivantes :

- La proximité de l'océan à l'ouest dans les zones tempérées ;
- Les méditerranées et les golfes pénétrant profondément dans les terres ;
- L'absence des forêts sur un sol sec et sablonneux ;
- La rareté des marécages dont la surface reste couverte de glace au printemps et jusqu'au commencement de l'été ;
- La direction sud-ouest des vents régnants (**FLAMMARION, 1888**).

En revanche, les causes principales causent qui abaissent la température moyenne sont :

- La hauteur au-dessus du niveau de la mer d'une région ;
- L'éloignement de la mer dans la direction de l'ouest et du sud pour notre hémisphère ;
- La configuration compacte d'un continent dont les côtés sont dépourvus de golfes ;
- Le ciel d'été nébuleux, parce qu'il intercepte une partie des rayons du soleil ;
- Les marécages nombreux qui forment, dans le nord, jusqu'au milieu de l'été de véritables glacières au milieu des plaines
- Des forêts d'une grande étendue ; elles empêchent les rayons solaires d'agir sur le sol.
- Une chaîne de montagne qui, par sa forme ou sa direction, génère l'accès des vents chauds.

3.2. Les précipitation :

Les précipitations sont un des processus hydrologiques du climat les plus variables (AKSOUH, 2017). Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années (GUYOT, 1999). Pour identifier et classer les diverses régions pluviométriques du globe, on a habituellement recouru aux précipitations moyennes mensuelles ou annuelles (évaluées sur une longue période) et à leurs variations (AKSOUH, 2017). L'air ne pouvant contenir qu'une quantité limitée de vapeur d'eau, décroissante avec la température. (FAUCAULT, 2009). Les précipitations se produisent lorsque la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense en nuages et retombe sur terre. Elles constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Elles constituent un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau dans sa phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle) entre l'atmosphère et le sol. Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (BRAHMI, 2014). Le grossissement de ces gouttelettes se fait par deux mécanismes à savoir:

- A haute altitude les gouttelettes liquides cohabitent avec des cristaux, ceux-ci ont une vapeur saturante plus faible et un transfert d'eau s'opère entre les gouttelettes liquides et les cristaux de glace ;
- Lorsque les gouttelettes ont atteint une taille critique, elles chutent (BELARBI, 2014).

3.3. Le vent :

3.3.1. Origine du vent :

Les vents sont des déplacements d'air nés des différences de pression entre deux plans horizontaux (MARTIN, 2014). L'air s'écoule des zones de hautes pressions (anticyclone) vers les zones de basses pressions (dépression) (BOUKHETTA, 2011), c'est-à-dire de régions « sources » vers des régions « puits » (KOLI BI ZUELI et PAULINE DIBI, 2011). L'écoulement n'est pas rectiligne mais il prend une forme de « S », à cause de la force de Coriolis (Figure 3) (BOUKHETTA, 2011).

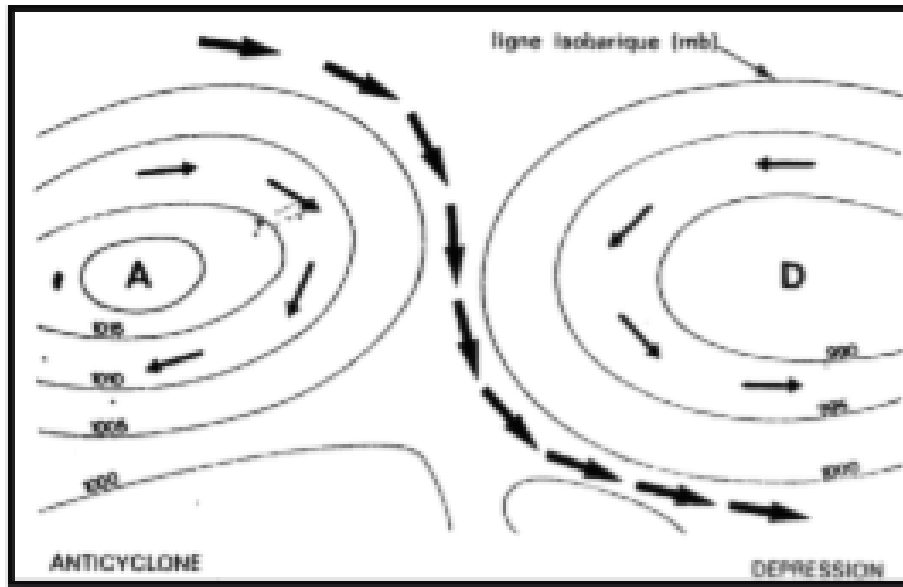


Figure 3 : Mouvement de l'air entre l'anticyclone (A) et la dépression (D) (BOUKHETTA, 2011).

L'ascension d'air chauffé par la surface du sol ou par la condensation de la vapeur d'eau est à l'origine d'une basse pression locale, la descente d'air plus froid est l'origine de hautes pressions. Ces dépressions, ou cyclones, et hautes pressions, les anticyclones, sont à l'origine des vents (POITON et al., 2014).

3.3.2. Types du vent :

3.3.2.1. Vents dominants :

Les vents dominants sont des phénomènes observables sur plusieurs centaines de kilomètres et ils fluctuent sur des périodes de l'ordre de la journée. Ils sont considérés comme des phénomènes climatiques de grande échelle. Dans l'hémisphère Nord, le vent soufflant du nord vers l'équateur est dévié vers l'ouest par la rotation de la Terre. Dans l'hémisphère Sud, le vent soufflant du sud est dévié de la même façon vers l'Est (BOUKHETTA, 2011).

3.3.2.2. Vents locaux :

Contrairement aux vents dominants, les vents locaux ne sont pas constants : leur force et même leur direction peuvent varier considérablement. Pour certains vents, comme le mistral ou le chinook, c'est la configuration du relief qui explique les variations alors que pour d'autres, comme les brises de mer et les vents de vallée, les différences de température entre le jour et la nuit constituent le facteur le plus important (QA INTERNATIONAL, 2007).

3.3.2.3. Vents saisonniers :

Les vents saisonniers sont des vents qui soufflent par saison. Les masses d'air qui se trouvent au-dessus des continents sont plus chaudes l'été et plus froides l'hiver que les masses d'air situées au-dessus des océans voisins. En été, les continents deviennent des zones de basses pressions, avec des vents provenant des océans plus froids. En hiver, les continents deviennent des zones de hautes pressions, avec des vents dirigés vers les océans plus chauds (BOUKHETTA, 2011).

3.3.3. L'échelle de Beaufort :

Le tableau suivant (Tableau 2) représente l'échelle utilisé pour la mesure de la force du vent, selon l'échelle de Beaufort :

Tableau 2 : Echelle de Beaufort pour la mesure de la vitesse du vent (MAMECIER et BEAUX, 1994).

| Chiffre (beaufort) | Vitesse du vent en km/h | Terme descriptif |
|--------------------|-------------------------|-------------------|
| 0 | 1 | Calme |
| 1 | 1-5 | Très légère brise |
| 2 | 6-11 | Légère brise |
| 3 | 12-19 | Petite brise |
| 4 | 20-28 | Jolie brise |
| 5 | 29-38 | Bonne brise |
| 6 | 39-49 | Vent frais |
| 7 | 50-61 | Grand vent |
| 8 | 62-74 | Coup de vent |
| 9 | 75-88 | Fort coup de vent |
| 10 | 89-102 | Tempête |
| 11 | 103-117 | Violente tempête |
| 12 - 16 | 117 | Ouragan |

3.3.4. Circulation atmosphérique du vent :

De l'équateur aux pôles, la circulation atmosphérique peut être divisée en trois zones de circulation des vents. Elles sont respectivement composées des cellules de Hadley, des

cellules de Ferrel et des cellules polaires. Ces grandes cellules de la circulation atmosphérique sont séparées par les anticyclones (A) et les dépressions (D) (Figure 4) (RINGARD, 2017).

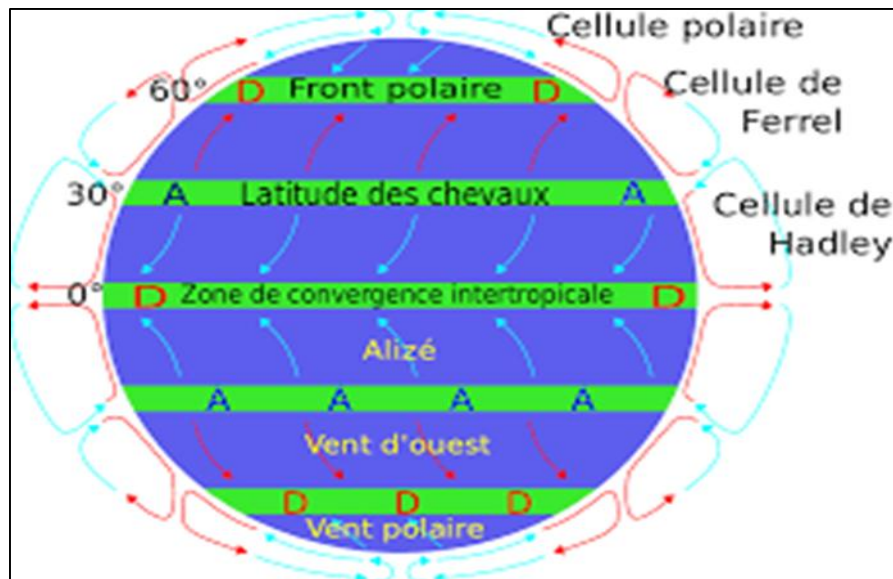


Figure 4 : Caractérisation des principales cellules du vent dans monde et mouvement des anticyclones et dépression (RINGARD, 2017).

4. Classification du climat

4.1. Les échelles climatiques

4.1.1. Les climats zonaux :

Ils correspondent aux trois zones thermiques : chaude, tempérée et froide. L'isotherme +15°C en hiver sépare les domaines tempérés du domaine tropical, l'isotherme +10°C en été limite les domaines polaires. Leur répartition selon la latitude est due à la direction des rayons du soleil par rapport à la surface de la terre (MAMERCIER et BEAUX, 1994).

4.1.2. Les climats régionaux :

A l'intérieur des grandes zones climatiques, des climats régionaux existent sur des superficies plus réduits, ils sont intégrés à l'aspect de la circulation atmosphérique, et aussi aux grands caractères du relief (par exemple : les montagnes). Les ordres de grandeurs des valeurs des principaux paramètres climatiques (températures, ensoleillement, humidité, vent et précipitations) commencent à être significatifs et à caractériser concrètement un climat (MAMERCIER ET BEAUX, 1994).

4.1.3. Les climats locaux :

Le passage du climat régional au climat local se fait à travers la bioclimatologie. Les climats locaux dépendent des climats régionaux dont ils font partie, des bilans radiatifs locaux et de mouvements d'air à faible échelle spatiale. Ils sont sous la dépendance du relief, du couvert végétal, de la nature du sol comme pour un versant, une forêt ou une ville (HAMEL, 2006).

4.1.4. Les microclimats :

Le microclimat est le climat à l'échelle d'un petit secteur, lié à la micro topographique : fond d'un vallon, combes à neige, bas-fonds ou même un abri sous un rocher et des fissures dans une falaise (NASSIRI, 2018).

4.2. Les zones climatiques du monde :

Il existe plusieurs classifications du climat dans le monde. La plus ancienne et la plus universellement reconnue en climatologie est la classification de Koppen. Elle tient compte du couvert végétal (bioclimatologie). Cinq groupes climatiques étant subdivisé en sous classes sont proposés par cette classification (Figure 5) (BENLATRECHE, 2006).

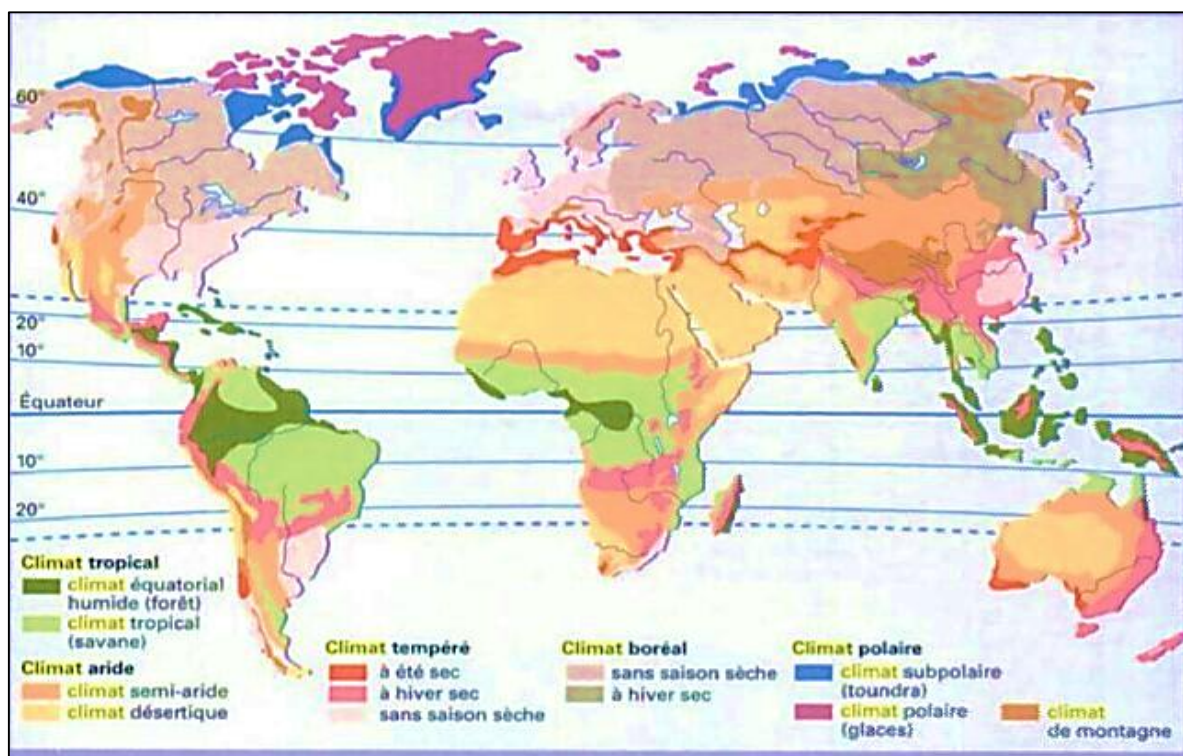


Figure 5 : Cartographie des climats dans le monde (MERLE, 2006).

Les cinq principales zones climatiques de la classification de Koppen sont :

- **Climat tropicale** : la température du mois le plus froid doit être supérieur à 18°C ;

- **Climat aride** : se réfère aux régions qui ont des températures élevées et des précipitations très basses ;
- **Climat tempéré** : tous les mois de l'année doivent avoir une température moyenne comprise entre -3°C et 18°C . En outre, un mois doit avoir une température moyenne supérieure à 10°C ;
- **Climat polaire** : aucun mois ne doit avoir de température moyenne supérieur à 10°C (**GIUFFRIDA et SANSOSTI, 2011**).
- **Climat boréal** : il est difficile à définir, si l'on considère sa dynamique, c'est un air polaire en hiver et cyclone tempérés en été [4].

5. Climat en Algérie :

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays (entre l'Atlas tellien et l'atlas saharien), et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien [1]. L'influence du nord-ouest apporte des courants froids et humides, et celle du sud est beaucoup plus liée à des courants chauds et secs (**MEGHERBI, 2015**). Les précipitations sont caractérisées par une variabilité très marquante entre le Nord et le Sud et entre l'Est et l'Ouest. A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest. La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance aussi vers le Sud et l'Ouest. Au Sud de l'atlas saharien, les précipitations annuelles tombent à moins de 100 mm, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert [2]. Le caractère aride et semi-aride du pays s'explique en grande partie par le climat à travers la circulation générale atmosphérique (**YAHIAOUI, 2015**). D'après la récente classification de rivas-martinez (2005), elle fait partie intégrante du (macroclimat méditerranéen). On définit pour l'Algérie les régions climatiques suivantes (Figure 6) :

- **Zone A** : elle comprend le littoral et une partie du versant Nord des chaînes côtières (climat méditerranéen maritime). Cette zone bénéficie d'un climat doux et régulier, dû à l'influence modératrice de la mer. Les températures moyennes y sont sensiblement les mêmes de l'Ouest à l'Est, et en un point donné la température varie relativement peu entre le jour et la nuit comme entre l'hiver et l'été ;

- **Zone B** : elle comprend la plaine et les vallées comprises entre les chaînes côtières et l'Atlas tellien, autre que celle de Chleff (climat méditerranéen continental). La plaine du Chélif est caractérisée par des écarts de température considérables, malgré une distance de la mer de moins de 50 km, elle est cependant soustraite à l'influence maritime par la chaîne du Dahra qui la borde au Nord et l'important massif de l'Ouarsenis qui la domine au Sud augmente les effets du sirocco ;
- **Zone B 1** : c'est une sous-zone de la zone B. Elle comprend la vallée de Chleff, comprise entre la chaîne de l'Ouarsenis et les montagnes du Dahra ;
- **Zone C** : elle comprend les hauts plateaux entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, avec des altitudes supérieures à 500 m (climat méditerranéen de montagne) ;
- **Zone D1** : elle comprend le Sahara au-delà de l'Atlas Saharien jusqu'à la latitude 31°, par exemple Touggourt est typique du climat nord-saharien, avec des maxima absolus voisins les 50°C ;
- **Zone D2** : elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 31° jusqu'à la latitude 26° ;
- **Zone D3** : elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 26° jusqu'aux frontières Sud (RHISSAAG, 2018).

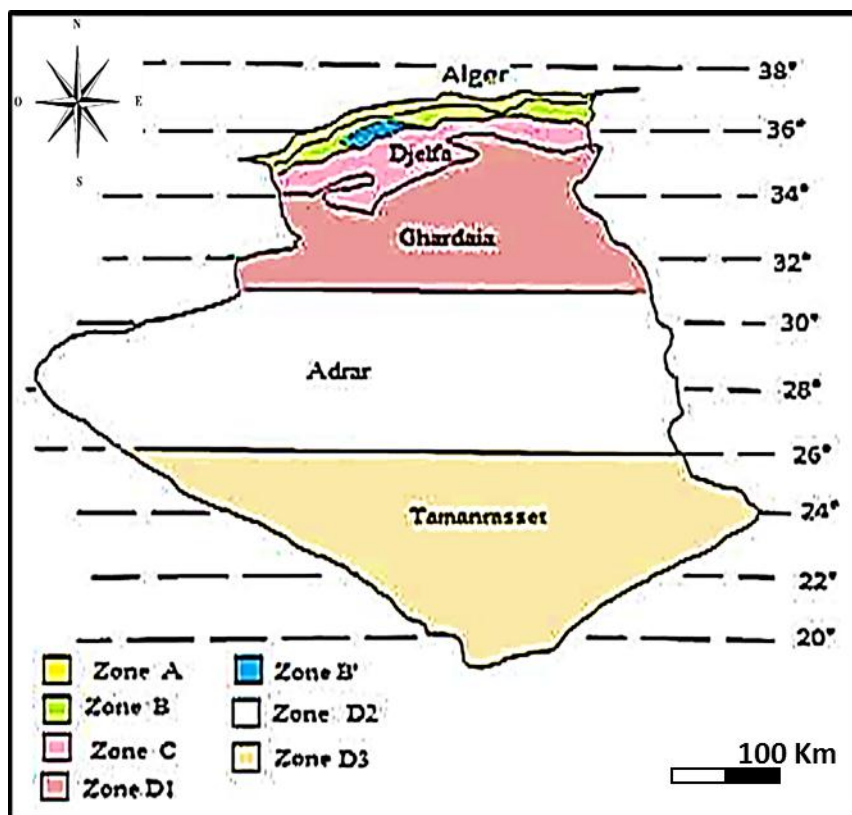


Figure 6 : Zonation climatiques en Algérie (RHISSAAG, 2018).

6. Concept de la bioclimatologie :

La bioclimatologie est une branche de l'écologie, qui peut se définir comme étant la science de l'étude des relations entre les êtres vivants et le milieu ambiant (et ces composants) **(DE PARCEVAUX et HUBER, 2007)**.

Les écologues et climatologues ont proposé de nombreuses façons pour se rendre compte de la globalité du climat et sa relation avec la biocénose (principalement la couverture végétale). Cette relation est essentiellement liée à l'interaction entre deux paramètres climatiques à savoir l'humidité et/ou la température.

Deux catégories de descripteurs du bioclimat ont été proposées :

- Des descripteurs numériques (indices climatiques) ;
- Des descripteurs graphiques (diagrammes pluvio-thermiques)

Ceci est dans l'intérêt de mettre en évidence l'importance de ce facteur climat et son action sur la répartition des espèces végétales **(DEVUYST, 1972)**.

Chapitre 2

Matériel et méthodes

1. Description de la région d'Ain Bessem :

La Daira de Ain Bessem est située dans le périmètre de la plaine des Aribis. Elle est localisée à 25 km ouest du chef-lieu de la wilaya de Bouira (Figure 7). Cette région est limitée au nord par Djebahia, à l'est par Ain Aloui, au sud par Sour El Ghozlene et à l'ouest par Bir Ghablou couvrons une superficie totale de 126 km² et s'étend sur une surface de 7.6 km² (REZIG, 2018). Elle abrite une population de 42.000 habitants (SADALLAH et LAIDI, 2018). L'agriculture est le pôle économique de cette Daira, elle s'étend sur un totale de 23.576 hectares, et à une superficie agricole (SAT) de 20.893 hectares pour une superficie agricole utile (SAU) de 19.452 hectares. Les céréales et la pomme de terre représentent respectivement 7.740 et 171.434 ha de terre cultivée. En deuxième position les cultures maraichères, suivi par l'arboriculture (vignes et amandiers), et les légumineuses. Ainsi que la production animale (bovins, ovins, caprins, aviculture et apiculture) (REZIG, 2018). La principale source hydrologique de la région est le barrage d'Oued Lakhel (ANDI, 2013).



Figure 7 : Situation géographique de la Daira de Ain Bessem (Google Maps, 2020).

2. Fiche descriptive de la station météorologique Ain Bessem :

Le centre agro météorologique « Ain Bessem, Bouira » a été créé en 1982 par arrêté ministérielle comme un centre météorologique secondaire, puis en 2001 ce centre devient une

station météorologique professionnelle qui recueille automatiquement et en continu les paramètres météorologiques en zone agricole. Les mesures sont prises régulièrement chaque une heure de temps pendant 24 h et 7 / 7 jours. Cette station transmise par télégramme des informations au centre météorologique de Dar el Beida (Alger). Elle est caractérisée par :

- Superficie : 3000 m²
- Altitude : 748 m
- Latitude : 36°, 17'N
- Longitude : 03°, 40' E
- Organisme tutelle : Ministère des transports.
- Nombre d'employés: 9 employés
- Organigramme :
 - Chef de station (01)
 - Ingénieur contrôleur d'observation (01)
 - Technicien d'observation (01)
 - Agent de saisie (01)
 - Agent de sécurité (04)
 - Jardinier (01)

2.1. Appareillage de mesure :

Le parc météorologique situé au niveau de la station représente une superficie de 50 m² et contient trois types de station météorologiques :

Station météorologique automatique qui comprend trois éléments :

- Unité centrale (*data-logger*) avec un système de communication (généralement GSM/GPRS) ;
- Panneau solaire et sa batterie pour fonctionner en totale autonomie ;
- Des différents capteurs.

Station météorologique classique qui comprend :

- Abri : composé de trois thermomètres en mercure, un thermographe, Evaporomètre de Piche en alcool et un hygrographe ;
- Pluviomètre manuelle : mesure la quantité de précipitation tombée pendant un intervalle de temps donnée en un endroit ;

- Pluviographe : instrument qui enregistre l'évolution dans le temps de la quantité d'eau de pluies tombé ;
- Anémomètre : trois instruments avec différentes dimensions (1m, 3m, 10m) permettent de mesurer la vitesse et la direction du vent ;
- Héliographe : permet de mesurer la durée de l'ensoleillement ;
- Baromètre : sert à mesurer la pression atmosphérique ;
- Pyranomètre : permet de mesurer la puissance du rayonnement solaire totale ;
- Deux thermomètres sur le sol et trois thermomètres dans le sol (planté à 30cm, 60cm et 100cm) ;
- Bac d'évaporation : mesure le changement du niveau de l'eau due à l'évaporation.

Station agro-météorologique : qui recueille automatiquement en continu les paramètres météorologiques en zone agricole pour fournir des solutions en temps réel dédiées pour ce domaine (agriculture).

2.2. Rôle de la station :

La station contribue à améliorer les connaissances sur les anomalies du climat et son évolution et ses incidences sur le milieu agricole et la protection des végétaux. Aussi, elle permet de promouvoir les activités de recherche et de développement en agro météorologie pour une meilleure compréhension des interactions entre le sol la plante et l'atmosphère et contribuer au développement des études agro météorologique pour :

- Accroître la qualité et la rentabilité de la production agricole ;
- Renforcer les systèmes d'alerte pour les cultures ;
- Contribuer à la protection de l'environnement ;
- Contribuer à l'effort de sensibilisation des milieux agricoles ;
- Apporter une assistance opérationnelle aux différentes usagers.

3. Analyse des paramètres climatiques :

Notre étude c'est étalée sur une période de vingt (20) ans, entre 1999 et 2018, au niveau de la station climatique de Ain Bessam. Nous avons pris en considération lors de notre échantillonnage cinq (05) composantes du climat local : la température de l'air (T) mesuré en °C, le cumul pluviométrique (P) mesuré en mm, la vitesse du vent (V) mesuré en Km/h, le taux d'humidité (H) mesuré en % et la quantité d'évaporation (Ev) mesuré en mm.

3.1. Diagrammes de GAUSSEN et BAGNOULS :

Le diagramme pluvio-thermique est un diagramme qui a été développé par les botanistes H. GAUSSEN et F. BAGNOULS représentant la variation mensuelle des précipitations et des températures selon l'échelle suivante : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2*T$). Ce diagramme a pour but de déterminer sur une année les mois humides et les mois secs (DIEW et ANSARI, 2018). En admettant que le mois est sec lorsque P est inférieur ou égal à $2T$ (HADJ ALLAL, 2014).

4. Les indices bioclimatiques :

4.1. Indice de GIACOBÉ (ISE):

C'est une formule simple qui caractérise la sécheresse estivale en faisant le rapport des pluies estivales PE sur la moyenne des maxima du mois le plus chaud. En région méditerranéenne, on considère que l'été est sec quand le rapport est < 7 (SEBAIBI, 2014).

4.2. Quotient d'EMBERGER :

Le climagramme d'EMBERGER a été préconisé (1939) par un botaniste du nom de L.EMBERGER afin de permettre l'étude du climat méditerranéen (DIEW et ANSARI, 2018). EMBERGER (1954) a proposé un indice (Q) spécifique au climat méditerranéen (BOUDJEMAA, 2010). L'indice d'EMBERGER définit le degré d'humidité du climat (MEDJERAB, 2013). Il est exprimé pour la méditerranéen par la formule de STEWART (1969) :

$$Q = 3.43 * P / (M - m)$$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

M : température maximale moyenne annuelle (°C).

m : température minimale moyenne annuelle (°C).

4.3. Indice d'aridité de DE MARTONNE (I) :

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une faiblesse des précipitations annuelles et un fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP). Etant un concept climatique à référence spatiale, l'aridité est différente de la sécheresse, qui est un concept météorologique à référence temporelle. L'indice d'aridité DEMARTONNE

(1926) a été tiré à partir de la modification du facteur de pluie de Lang (1923). Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (**BENYETTOU et BOUKLIKHA, 2017**).

$$I = P / (T + 10)$$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

4.4. Indice de BUDYKO (D) :

BUDYKO (1974) montre que la relation entre pluviométrie annuelle et écoulement annuel (évaporation) est contrôlée par le rayonnement net. À une valeur donnée de pluviométrie correspondent différentes valeurs de lames écoulées, qui sont sous l'effet du rayonnement net (**BARGAOUI et al., 2008**). L'indice de sécheresse de BUDYKO (1958) utilisé par **HENNING et FLOHN (1977)** est comme suit :

$$D = R / P$$

Qui fait appel à l'évaporation résultante du rayonnement (*R*) et la moyenne annuelle des précipitations (*P*) (**FLORET et PONTANIER, 1984**).

4.5. Classification climatique de KOPPEN :

La classification de KOPPEN est un moyen de caractérisation du climat d'une région. Cette classification associe entre trois composantes notée par des lettres alphabétiques. La première composante correspond au type de climat (A/B/C/D/E) pour chaque région et selon le climat on attribue une lettre. La deuxième composante correspond au régime pluviométrique (S/W/w/s/f/m/T/F/M) de la région bioclimatique. La troisième composante correspond à la variation de la température (a/b/c/d/h/k) selon la température moyenne enregistrée au niveau de la région bioclimatique. Cet indice définit des limites entre les différents espaces (**SEBAIBI, 2014**).

5. Analyse des données :

Nous avons testés la normalité de distribution de tous les paramètres climatiques (*T*, *P*, *V*, *H*, *Ev*) de la station de Ain Bessam (1999-2018). Des tests paramétriques (teste de Levene associé au teste de Bartlette) ont été appliquées pour une comparaison des variances entre les

années et entre les mois. La significativité des tests a été prise pour une valeur α de 5%. Tous les tests statistiques ont été réalisés par le logiciel *XLSTAT (2014.5.03)*.

Chapitre 3

Résultats et discussion

1. Variation par année des paramètres climatiques au niveau de la région de Ain

Bessam :

1.1. Variation de la température de l'air :

Au niveau de la région de Ain Bessam, Les relevés climatiques du paramètre température de l'air enregistre une moyenne de $19,92 \pm 1,70$ °C durant la période 1999-2018. La température la plus haute a été enregistrée durant l'année 2009 est égal à 37,6 °C, tandis que la température la plus basse a été notée durant l'année 2005 est égal à 1,4 °C (Figure 1). Le pic des moyennes de température a été enregistré durant l'année 2008 pour une valeur de 23,41 °C (Figure 8).

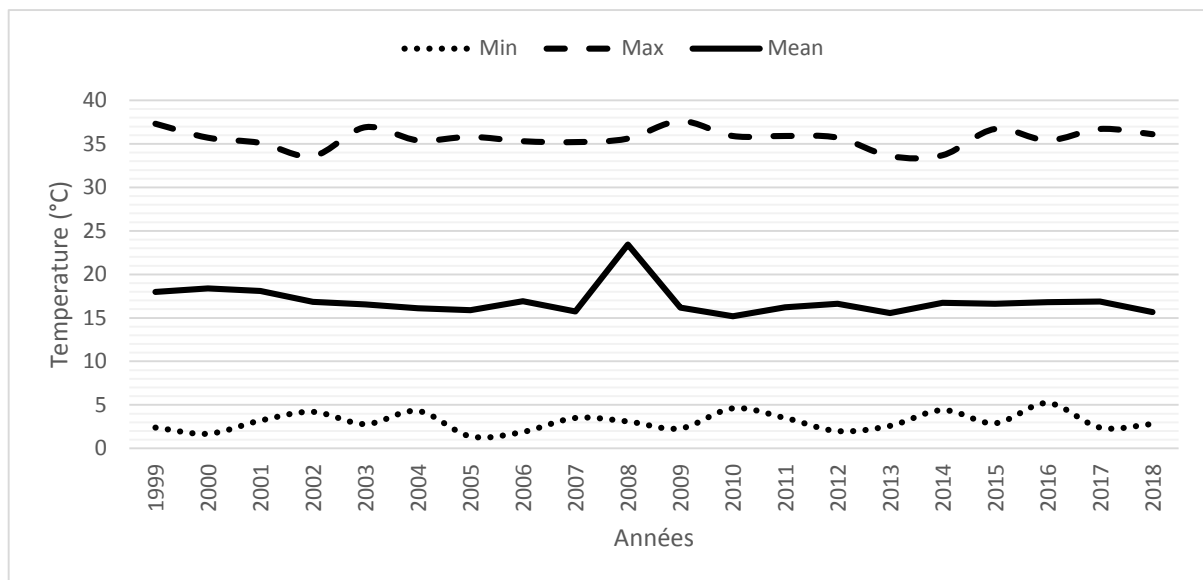


Figure 8 : Variation annuelle des températures de l'air moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

1.2. Variation des précipitations :

La figure ci-dessous illustre l'évolution des pics annuels de la pluviométrie sur une série d'observation de 20 ans (1999-2018), qui représente un cumul global égal à 9654.3 mm inégalement répartie entre les années. On remarque que l'année 2003 expose le pic de cumul en pluie, avec une valeur de 730.1 mm. Le cumul le plus bas de précipitation a été noté en 2000 avec une valeur de 268.6 mm noté surtout durant période estivale pour chaque année.

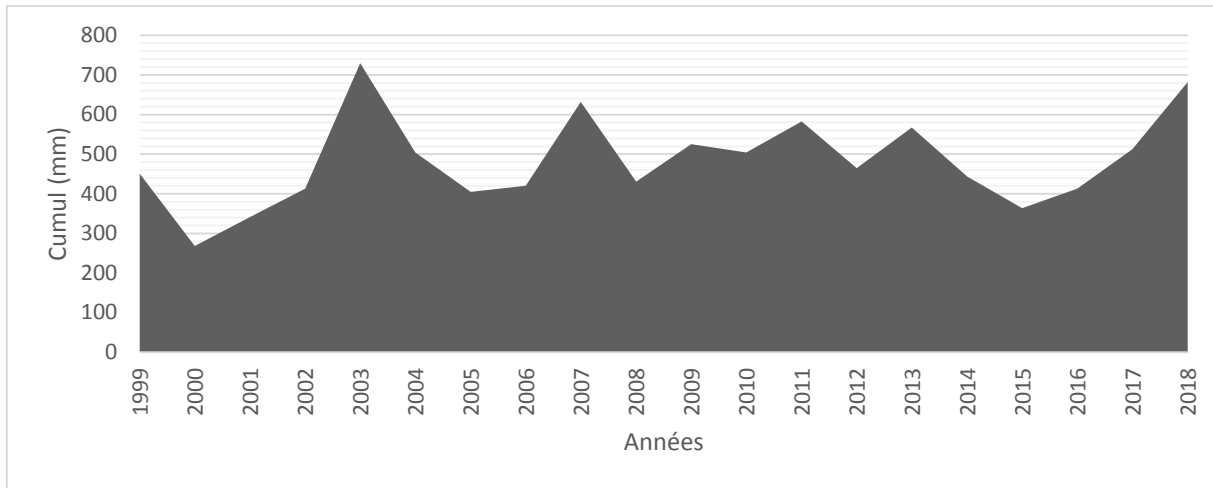


Figure 9 : Cumul des précipitations par année au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

1.3. Variation de la vitesse du vent :

Notre analyse des données climatiques de la vitesse du vent basée sur les données relevées au niveau de la station d'Ain Bessem de la période allant de 1999 à 2018, on constate une moyenne qui avoisine les $3,71 \pm 0,20$ Km/h. L'année 2013 marque la plus haute valeur en terme de vitesse du vent égal à 5,4 Km/h, tandis que l'année 2000 on note la plus faible valeur de vitesse du vent équivalons à 1,5 Km/h. Le pic de la vitesse moyenne du vent est enregistré en 1999 avec une valeur égale à 4,2 Km/h (Figure 10).

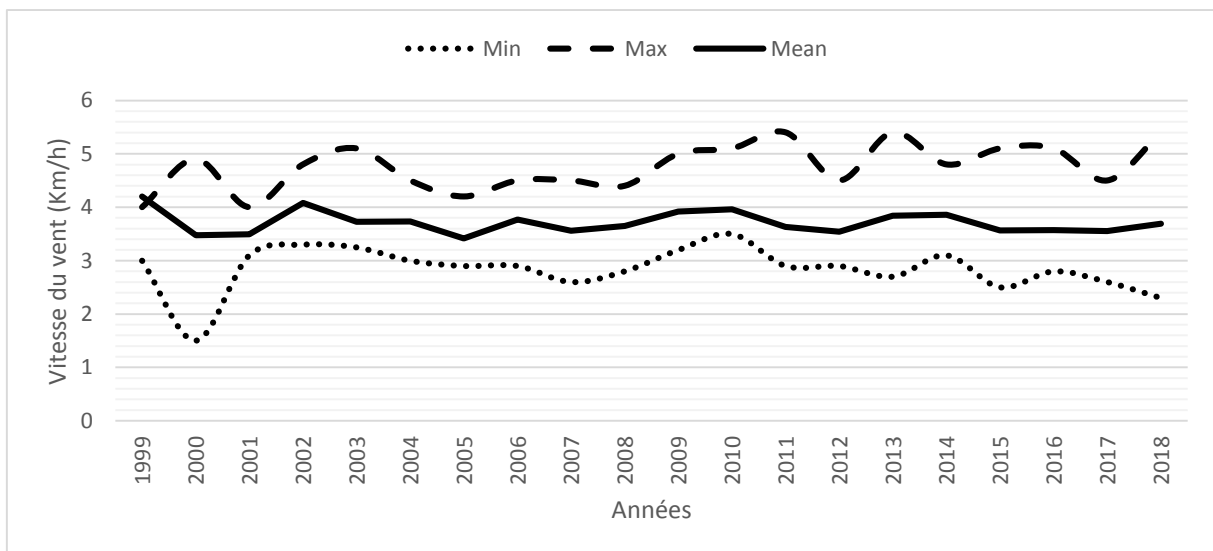


Figure 10 : Variation annuelle de la vitesse du vent moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

1.4. Variation du taux d'humidité :

La figure suivante expose les variations annuelles du taux d'humidité exprimé en pourcentage, le pic des moyennes d'humidité par année été enregistré en 2018 avec une valeur de 68,42%. Ces relevées d'humidité recueillies entre 1999 et 2018 donnent une moyenne globale de $62,45 \pm 4,75$ %. Le taux d'humidité le plus élevés a été noté en 2007 (98 %), par contre le taux le plus faible a été noté en 2001 (10%).

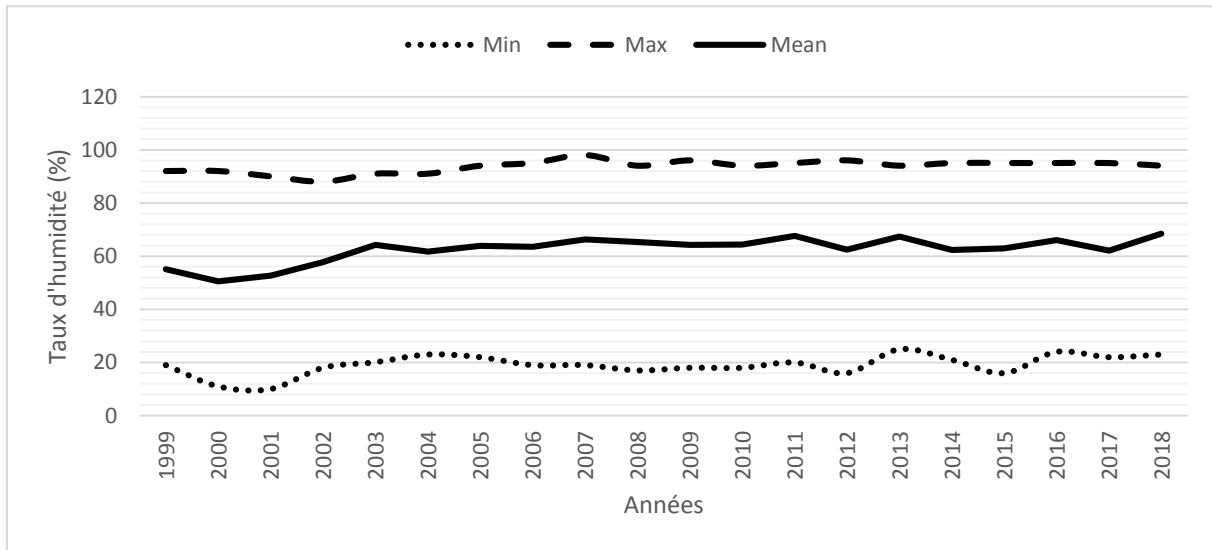


Figure 11 : Variation par années des taux d'humidité moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

1.5. Variation de l'évaporation :

Les valeurs annuelles de l'évaporation enregistrée au niveau de la station d'Ain Bessam représentent une moyenne de $129,77 \pm 28,53$ mm (entre 1999 et 2018). La valeur maximale d'évaporation a été notée en 2000 équivalent à 384,3 mm, tandis que la valeur minimale a été notée en 2012 pour 29,8 mm. L'année 2000 correspond au pic des moyennes de l'évaporation (188,48 mm) (Figure 12).

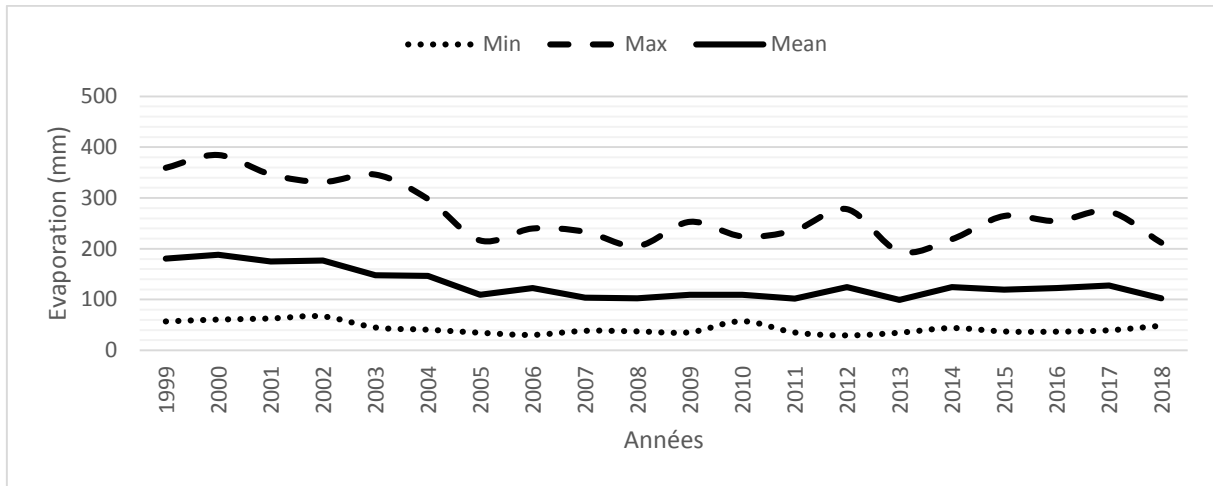


Figure 12 : Variation de l'évaporation annuelle moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

2. Variation par mois des paramètres climatiques au niveau de la région de Ain Bessam :

2.1. Variation de la température de l'air :

Les températures moyennes mensuelles dans la période 1999-2018 ne révèlent aucune température nulle ou négative. La moyenne des températures par mois correspond à $16,94 \pm 6,85$ °C. Le mois de février marque le mois le plus froid, nous avons noté un minimum égal à 1,4 °C, alors que le mois d'Aout est le mois le plus chaud avec une température maximale égal à 38°C. Le pic des moyennes de température est noté durant le mois de juillet pour une valeur de 27,66 °C (Figure 13).

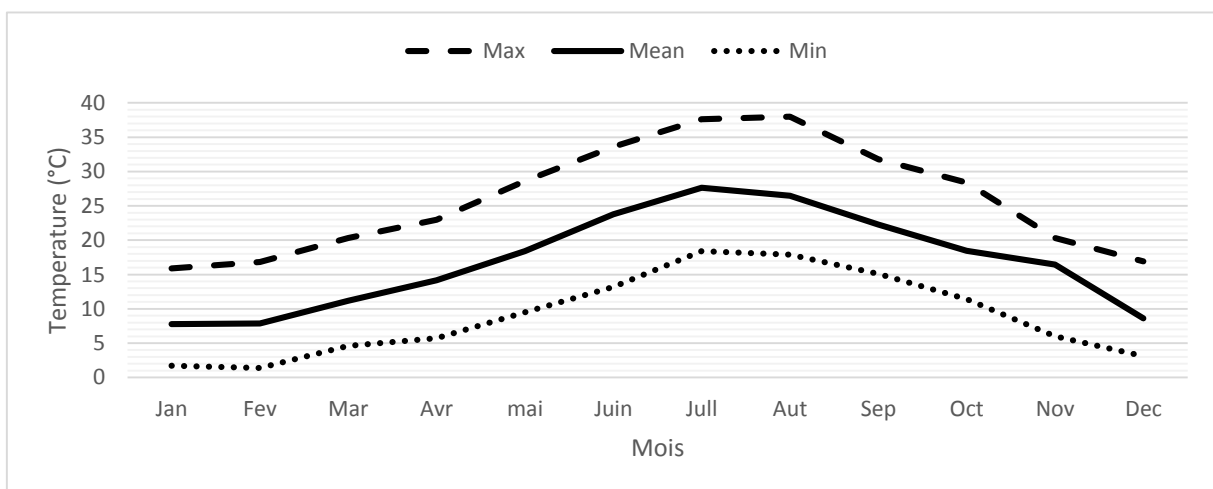


Figure 13 : Variation mensuelle des températures de l'air moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

2.2. Variation des précipitations :

La distribution mensuelle des précipitations au niveau de la région de Ain Bessem expose un cumul totale de 9654.3 mm. Le mois de décembre est le mois le plus pluvieux avec un cumul de 1276.6 mm. Les valeurs minimales de pluviométries ont été enregistrés durant le mois de juillet (seulement 32.6 mm). On note que le mois de juillet des années 1999, 2000, 2001, 2015 et 2018 aucun volume de pluie n'a été enregistré, et que le mois d'aout des années 2000, 2012, 2015 et 2016 été sec (Figure 14).

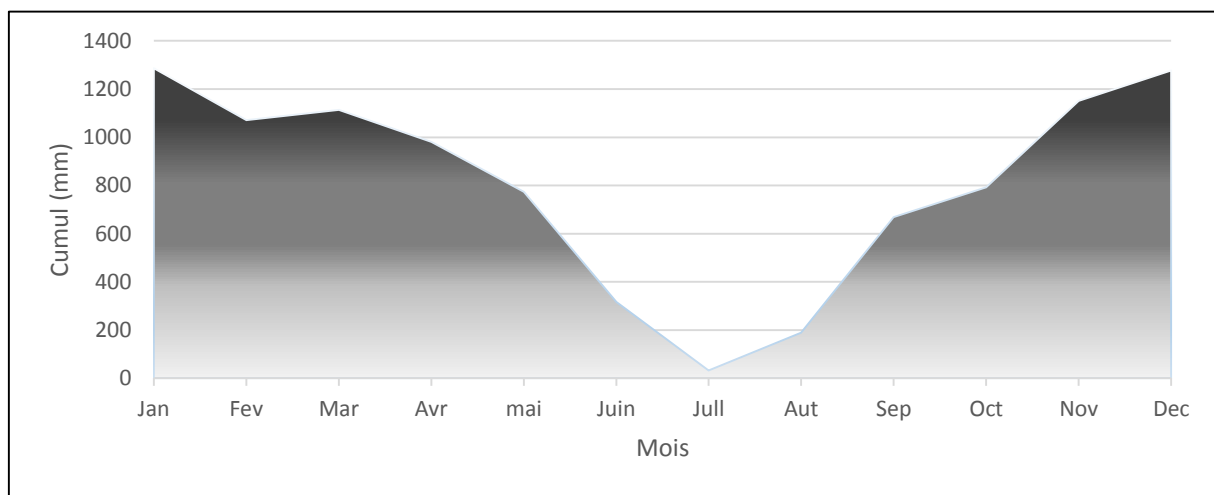


Figure 14 : Cumul des précipitations par mois au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

2.3. Variation de la vitesse du vent :

Les relevées climatiques par mois de la vitesse du vent collectés au niveau de la station d'Ain Bessem indiquent une moyenne de $3,67 \pm 0,21$ Km/h (Figure 15). La vitesse maximale qui est égal à 5,4 Km/h été enregistrée durant le mois de mars, et la vitesse minimale qui est égal à 1,5 Km/h été enregistrée durant le mois de janvier. Le pic des moyennes représente 4,1 Km/h noté durant le mois de mars.

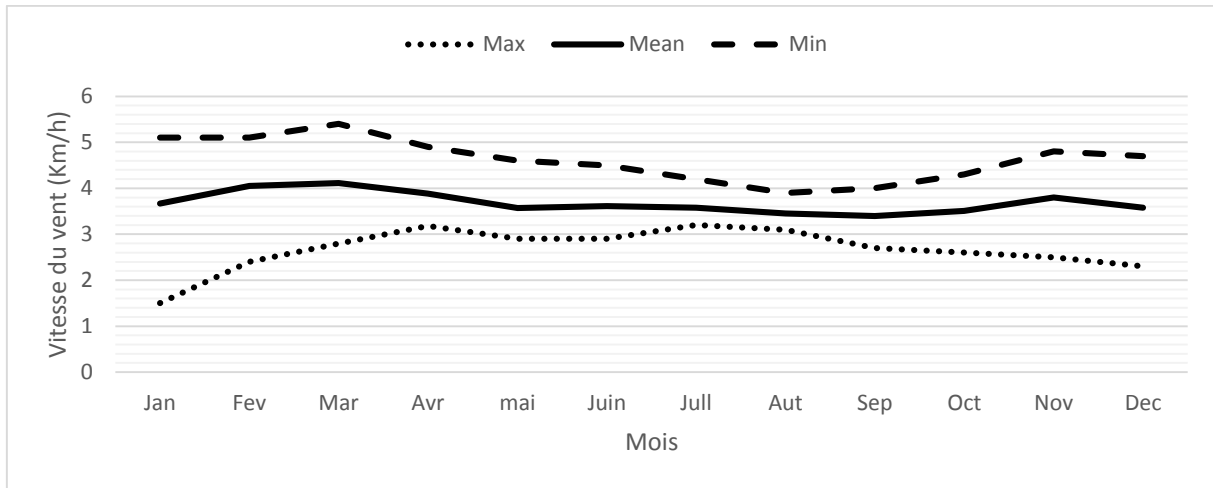


Figure 15 : Variation mensuelle de la vitesse moyenne du vent moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

2.4. Variation du taux d’humidité :

La figure suivante illustre les taux d’humidité par mois de la période allant de 1999 à 2018. On note une valeur moyenne du taux d’humidité de $62,22 \pm 11,40$ %. Le mois de novembre est le mois le plus humides avec des taux égal à 98%. Le mois de juillet représente le pourcentage le plus faible en termes d’humidité moyenne (41,54 %). Le pic des moyennes est marqué durant le mois de décembre (76.82 %) (Figure 16). Alors que, la valeur faible d’humidité est notée en juillet avec un taux de 10%.

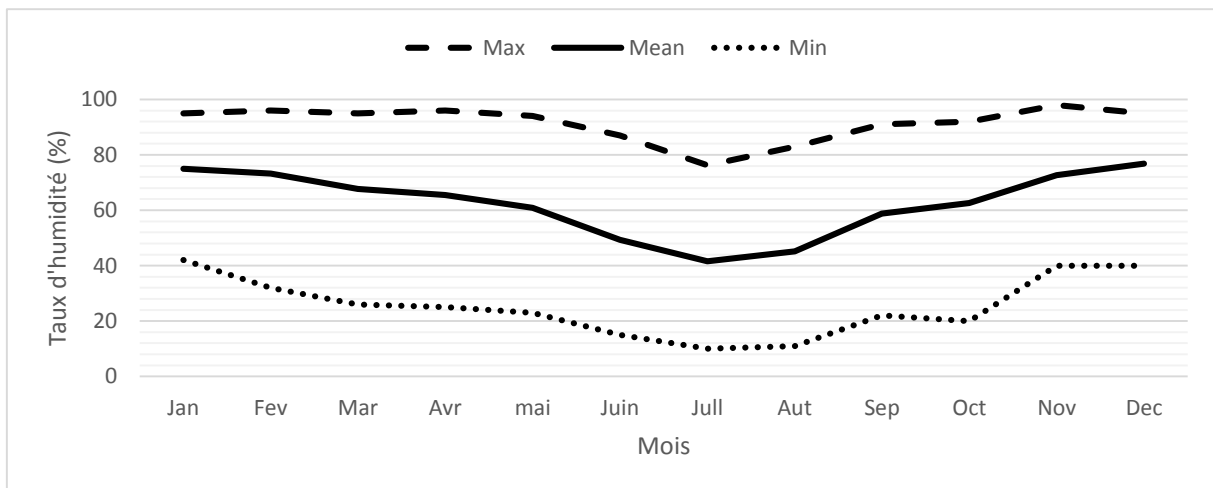


Figure 16 : Variation mensuelle du taux d’humidité moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

2.5. Variation de l'évaporation :

Les variations mensuelles de l'évaporation sont indiquées dans la figure suivante. Ces valeurs indiquent une moyenne mensuelle de $131,92 \pm 71,22$ mm. Le mois d'août correspond à la valeur la plus élevée (384,3 mm), et le mois de février correspond aux minima d'évaporation par mois (29,8 mm). Le mois de juillet correspond au pic des moyennes ou nous avons enregistré une évaporation égale à 258,16 mm (Figure 17).

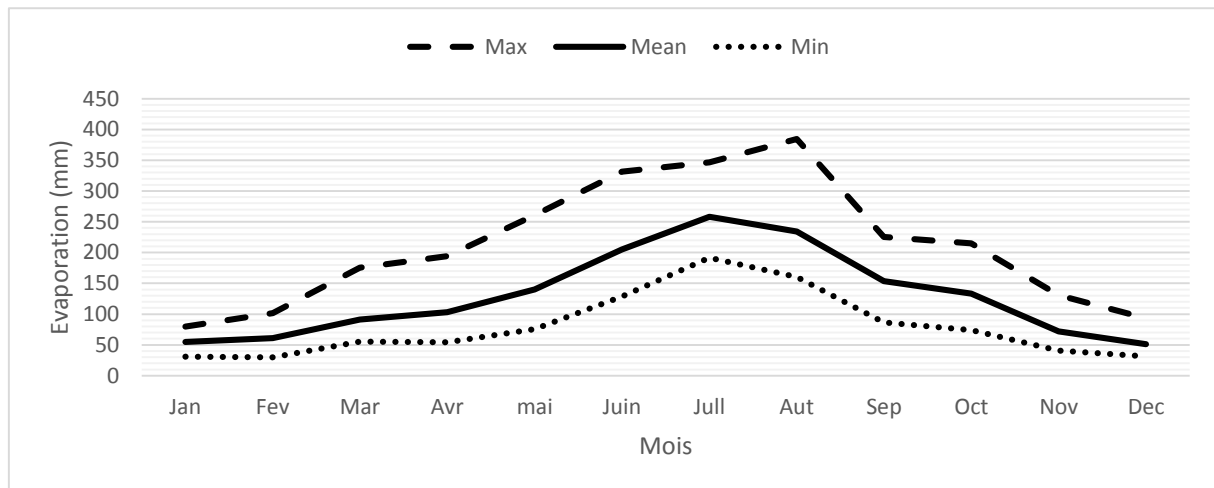
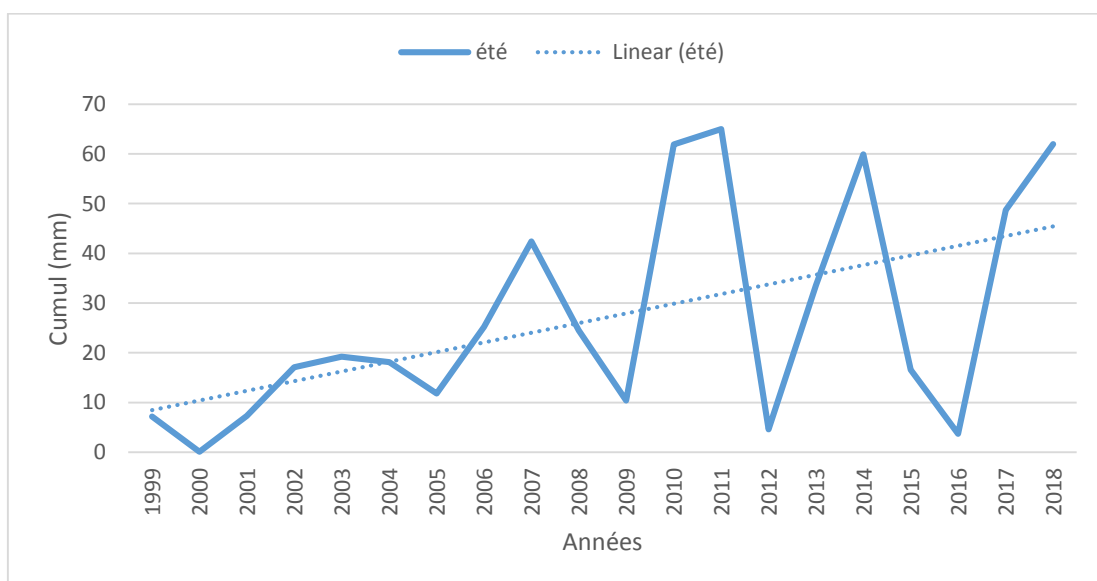
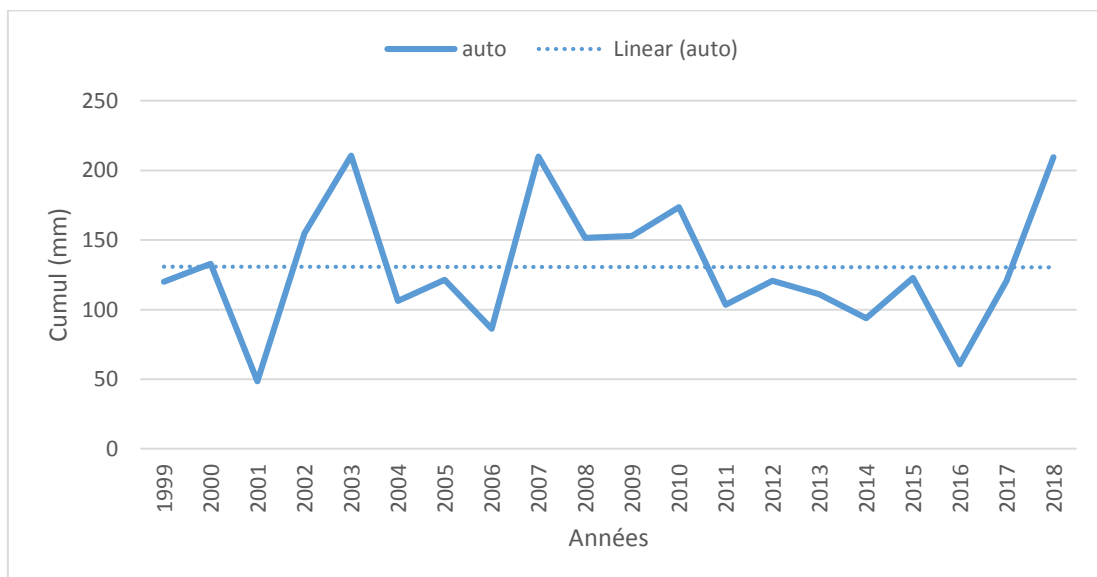
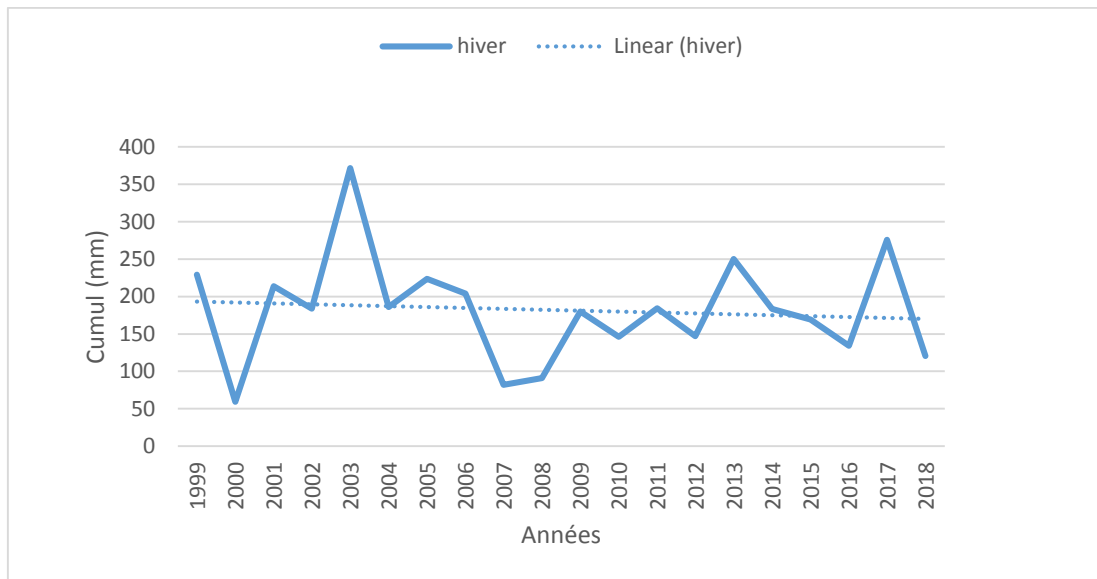


Figure 17 : Variation mensuelle de l'évaporation moyenne, min/max au niveau de la région de Ain Bessam durant la période 1999-2018.

3. Tendances saisonnières des températures et précipitation de Ain Bessam :

Durant les saisons hivernales et automnales, les précipitations au niveau de la région de Ain Bessam présentent une légère tendance à la baisse entre l'année 1999 et 2018. L'hiver marque une variation dans les séries de sécheresse par rapport aux années étudiées, on note que la faible quantité de pluie en hiver a été enregistrée en l'an 2000 (59.5 mm), alors que l'automne de l'année 2001 est le moins arrosé (48.6 mm). Par contre l'année 2003 est l'année la plus arrosée, en hiver (371.8 mm) et en automne (210.7 mm) (Figure 18).

La droite de tendance globale de la série des précipitations printanières et estivales de la région de Ain Bessam à la hausse, signifie que cette région tend vers des printemps et étés plus pluvieux. Un printemps moins pluvieux a été marqué en 2005 avec un cumul de 47.8 mm et une absence totale de précipitation en été de l'année 2000 (Figure 18).



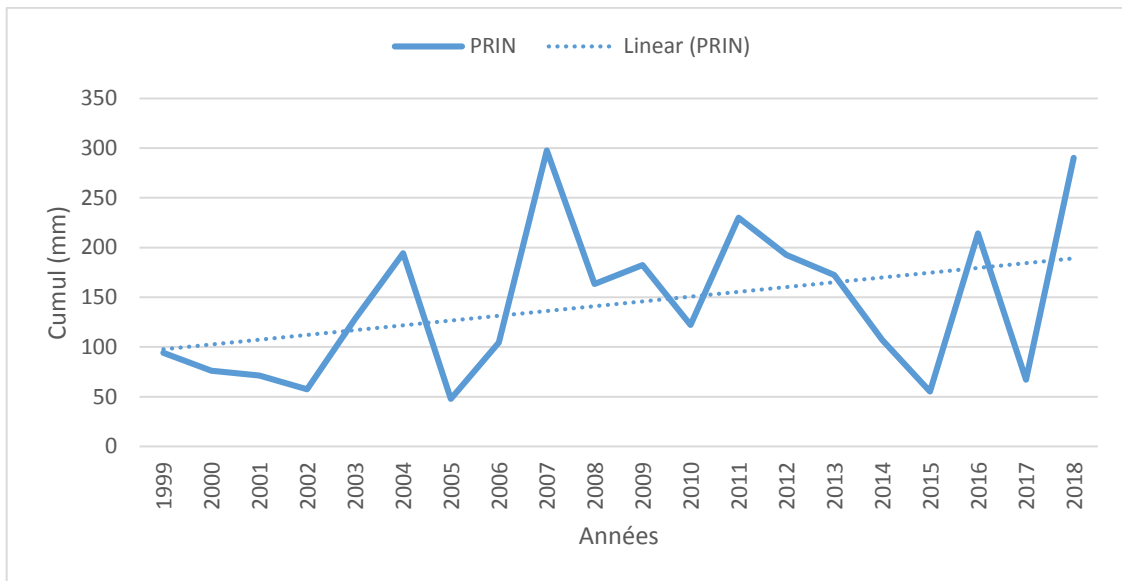
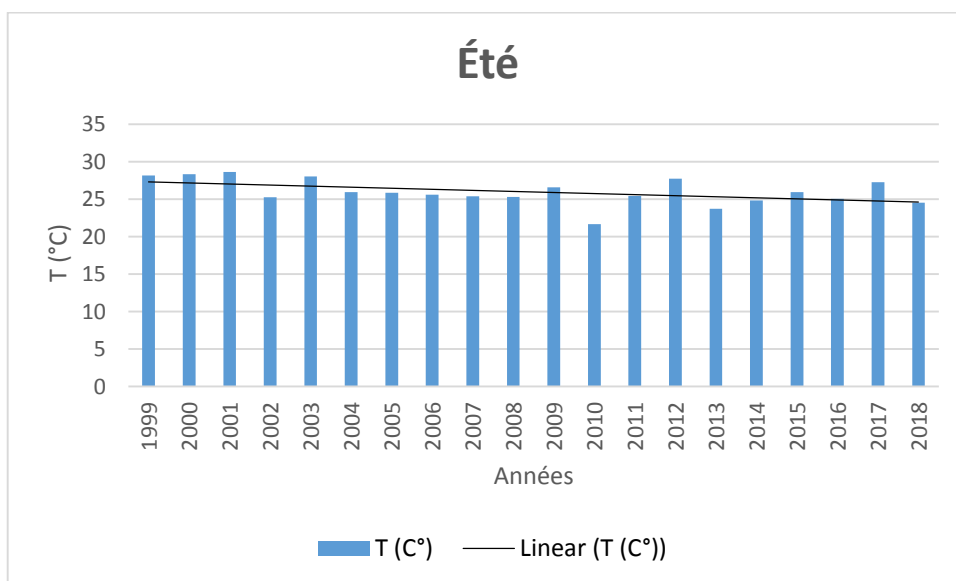
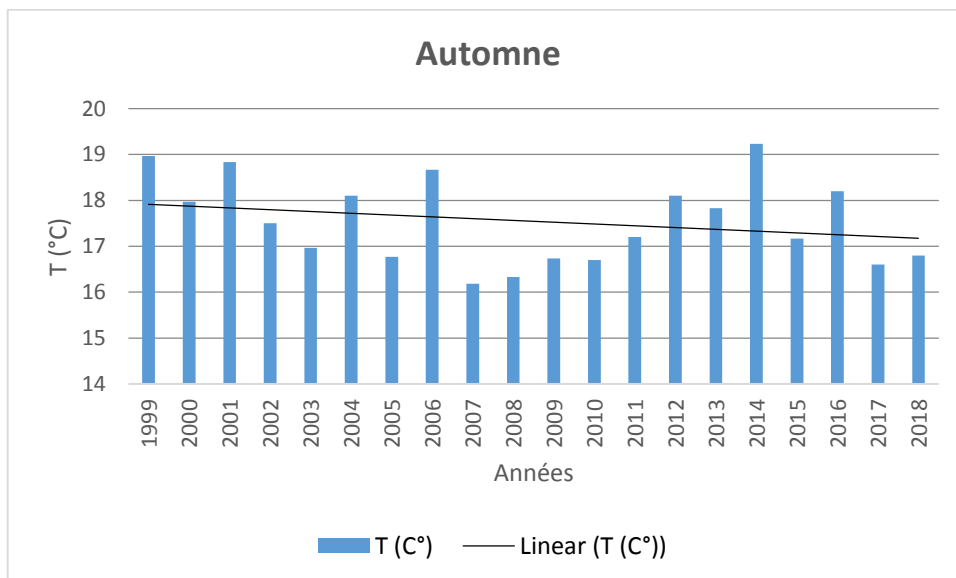
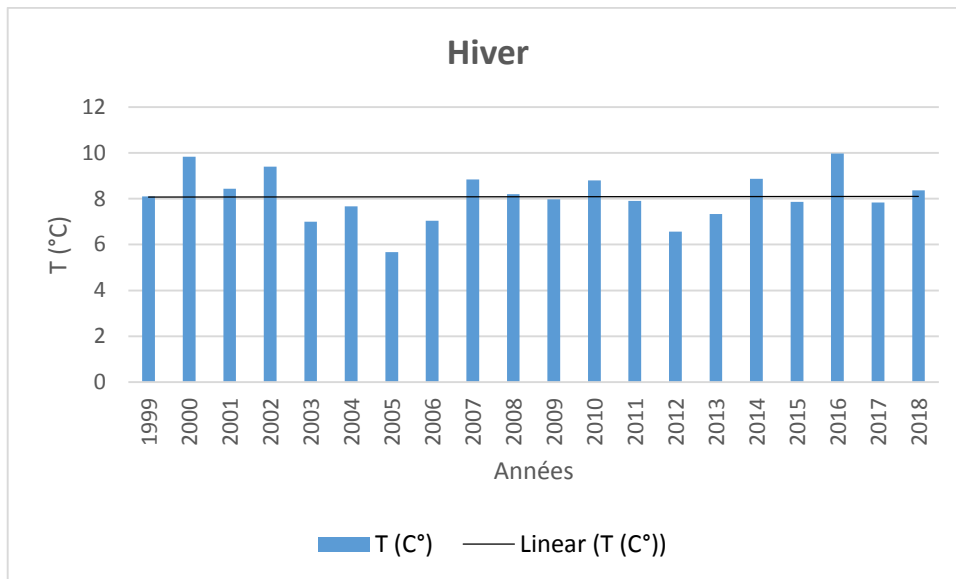


Figure 18 : Variation saisonnières du cumul de pluviométrie au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018). a : hiver, b : automne, c : été, d : printemps.

La région de Ain Bessem a connue des températures hivernale quasi stationnaire durant tout la période étudiée. Les valeurs fluctuant légèrement autour de la moyenne. Aucun épisode chaude ni froide n’a été observé durant les 20 années, à l’exception de l’année 2005 qui se caractérise par une température hivernale en dessous de la normale (Figure 19).

Le comportement de la courbe des températures automnales de Ain Bessem semble être très aléatoire. Mais la tendance globale tends vers la baisse, ce qui signifié que cette région tend vers des automnes plus froids. Le maximum absolu a été relevé en 2014 (19.23° C) et le minimum est enregistré en 2007 (16.18° C). Un épisode froid qui s’est produit entre 2006 et 2011, suivi immédiatement par un épisode chaud assez important durant les années 2011 et 2016 (Figure 19).

De plus, la série des températures printanière et estivale de la région de Ain Bessem semble être quasi stationnaire. Les valeurs fluctuent légèrement autour de la moyenne. Alors que aucune épisode chaud ni froid n’a été observé durant toute la période étudié (Figure 19).



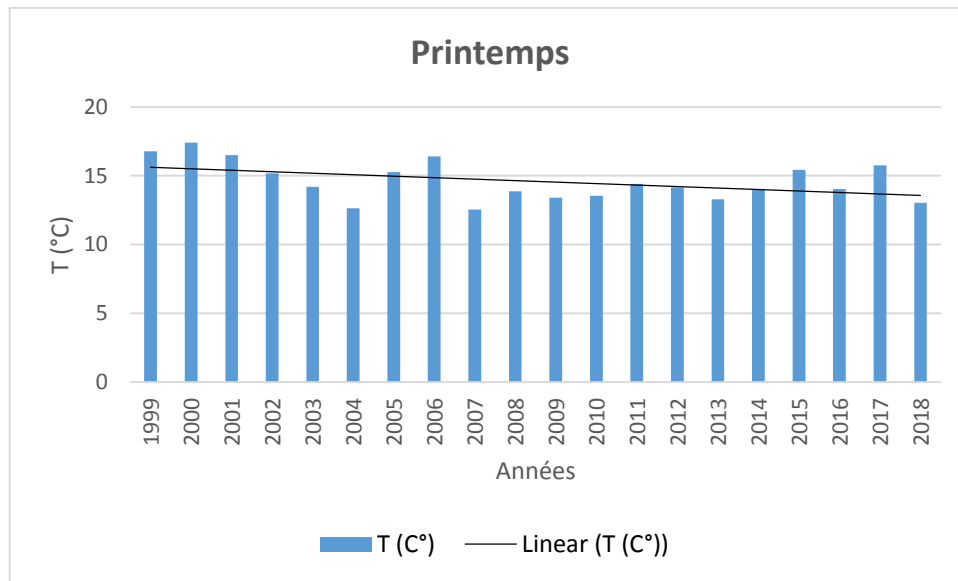


Figure 19 : Variation saisonnières des températures au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018). a : hiver, b : automne, c : été, d : printemps.

4. Analyse climatique :

La comparaison interannuelle des cinq paramètres climatiques indique que les données collectées à partir de la station de Ain Bessam n'exhibe aucune différence significative entre les années (de 1999 à 2018) pour la pluviométrie ($F= 0,947$, $p\text{-value}= 0,52$), la température de l'air ($F= 1,257$, $p\text{-value}= 0,21$) et le taux d'humidité ($F= 0,651$, $p\text{-value}= 0,86$). En revanche, on note une différence significative entre les années par rapport à la vitesse du vent ($F= 31,41$, $p\text{-value}= 0,036$) et l'évaporation ($F= 1,83$, $p\text{-value}= 0,021$).

En revanche, les données climatiques de ces cinq paramètres indiquent une différence inter mensuelle. En effet, on constate une différence de significative a hautement significative entre les mois et cela pour les cinq paramètres : la pluviométrie ($F= 7,057$, $p\text{-value} < 0,0001$), la température de l'air ($F= 3,08$, $p\text{-value} = 0,001$), le taux d'humidité ($F= 2,651$, $p\text{-value} = 0,003$), la vitesse du vent ($F= 6,757$, $p\text{-value} < 0,0001$) et la quantité d'évaporation ($F= 7,165$, $p\text{-value} < 0,0001$).

5. Synthèse climatique de Gausсен-Bagnouls :

Les relevés climatique de la station de Ain Bessam (wilaya de Bouira), nous ont permet d'associer entre les valeurs de pluviométrie et de température durant vingt ans (1999-2018). Ces valeurs sont exposées dans le diagramme de Gausсен-Bagnouls. On constate que la zone de croisement entre ces deux paramètres donne la période sèche au niveau de la région de Ain

Bessam. Selon ce graphique on observe une période sèche qui s'étale entre le mois de mai jusqu'au mois d'octobre (Figure 20).

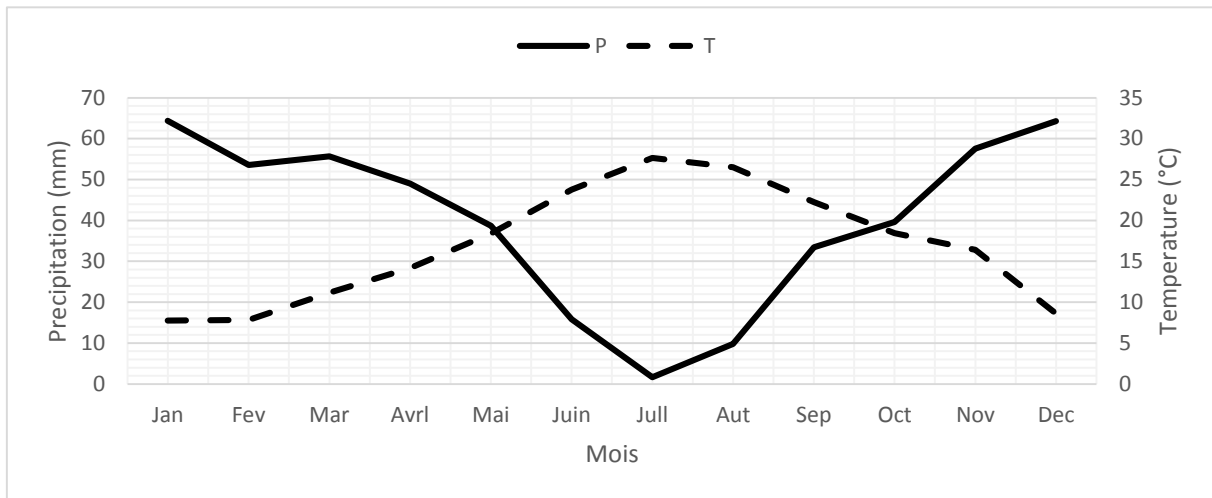


Figure 20 : Illustration de la relation pluviométrie/température par le diagramme de Gaussen-Bagnouls au niveau de la région de Ain Bessam (1999-2018).

6. Caractérisation bioclimatique de la région de Ain Bessam :

6.1. Variation annuelle de l'indice de GIACOBÉ (I.S.E) :

Les données climatiques de pluviométrie et de température maximale au niveau de la station de Ain Bessam (entre 1999 et 2018) montrent que cette région connaît une sécheresse annuelle. En effet, le calcul de l'indice de sécheresse estivale donne des valeurs très faibles qui ne dépassent jamais les 2 unités (Figure 21). La valeur la plus élevée de cet indice été enregistrée en 2011 pour seulement 1,96. Alors que l'année 2000 été l'année la plus sèche selon l'indice de GIACOBÉ, ou nous avons enregistré une valeur de l'ISE égal à 0.002. Ces valeurs indiquent que cette région est fortement modulée par les facteurs topographiques.

On constate aussi, que la couverture végétale de Ain Bessam est acclimaté durant la période estivale et que seulement la végétation résistante persiste durant la sécheresse. Ces valeurs de l'indice de GIACOBÉ impliquent des contraintes pour l'agriculture locale et le rendement agricole. On note aussi, que l'agriculture est conditionnée par l'irrigation surtout la culture céréalières et les cultures maraichères.

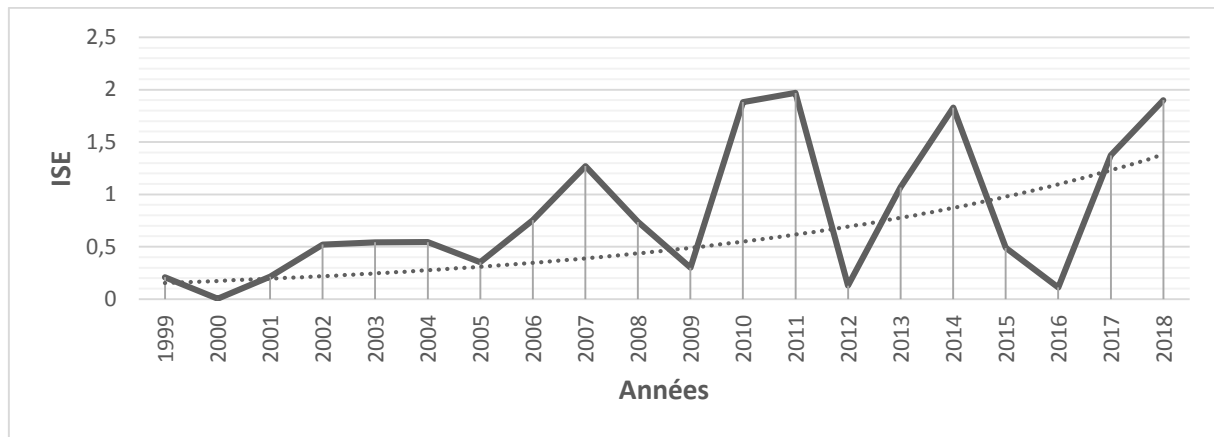


Figure 21 : Variation annuelle de l’indice de GIACOBE au niveau de la région de Ain Bessam.

6.2. Détermination du quotient pluviométrique d’EMBERGER :

Les valeurs de température et de pluviométrie enregistré entre 1999 et 2018 nous ont permet de calculez le quotient pluviométrique d’EMBERGER selon la formule de STEWART (1969). Le quotient d’EMBERGER est égal à 53,92. Cette valeur place la région de Ain Bessam dans l’étage bioclimatique semi-aride à végétation adapté à ce type de climat. En effet, la flore qui colonise cette région est caractérisée par une forme d’adaptation physiologique particulière. On remarque le développement d’organes charnus (principalement des bulbes et des tubercules) pour emmagasiner les réserves nutritives et des feuilles en épine pour diminuer l’evatranspiration durant la période sèche allant du mois de juin jusqu’au mois d’aout (déficit pluviométrique estivale).

6.3. Les indices d’aridité :

6.3.1. Indice de DE MARTONNE (I) :

L’analyse bioclimatique de la région de Ain Bessam indique que le climat est de type semi-aride, la valeur moyenne de l’indice (I) de De Martonne entre 1999 et 2018 est égal à 18,09. On constate que l’indice (I) varie en fonction des années. En effet, l’année 2000 été marqué par la plus faible valeur (9,46) ou la région est classé dans un climat aride. En revanche, durant les années 2003, 2007, 2011, 2013 et 2018 on note un climat semi humide au niveau de la région de Ain Bessam avec des valeurs supérieur à 20 (Figure 22).

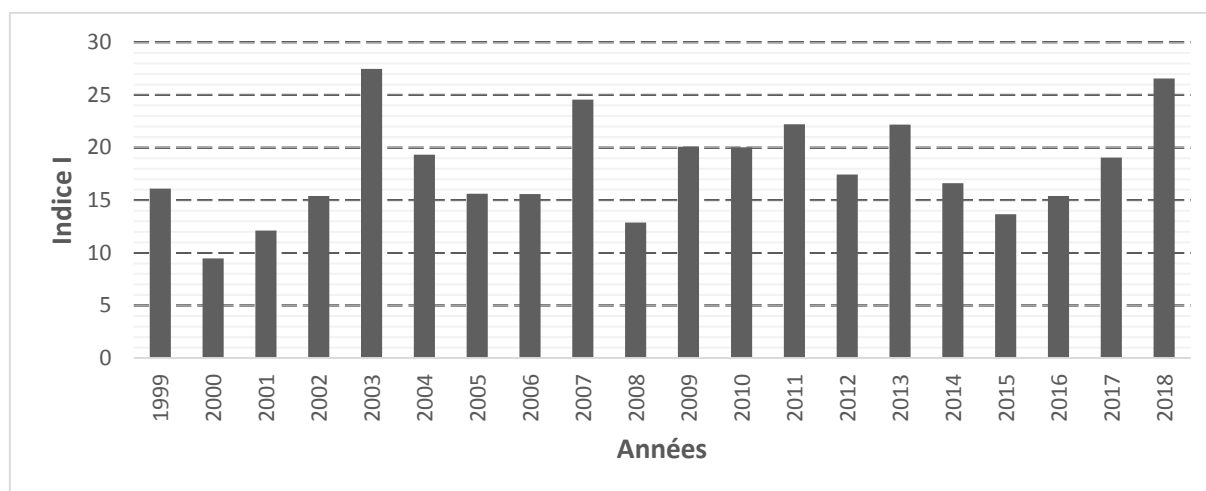


Figure 22 : Variation annuelle de l'indice de De Martonne au niveau de la région de Ain Bessam.

6.3.2. Indice de BUDYKO (D) :

Les valeurs de l'indice (D) de BUDYKO sont supérieures à 1 durant toute la période allant de 1999 à 2018 (Tableau 3). Ces valeurs indiquent que la quantité d'évaporation au niveau de la région de Ain Bessam est toujours supérieur au cumul de précipitation.

Tableau 3 : Valeurs annuelles de l'indice de BUDYKO au niveau de la région de Ain Bessam.

| Années | Indice D | Années | Indice D |
|--------|----------|--------|----------|
| 1999 | 4,81 | 2009 | 2,5 |
| 2000 | 8,42 | 2010 | 2,59 |
| 2001 | 6,15 | 2011 | 2,1 |
| 2002 | 5,14 | 2012 | 3,22 |
| 2003 | 2,42 | 2013 | 2,1 |
| 2004 | 3,48 | 2014 | 3,36 |
| 2005 | 3,25 | 2015 | 3,94 |
| 2006 | 3,5 | 2016 | 3,57 |
| 2007 | 1,97 | 2017 | 2,99 |
| 2008 | 2,85 | 2018 | 1,79 |

Nous avons aussi constaté que l'année 2000 été l'année la plus sèche selon l'indice D, ce qui confirme l'état d'aridité du climat signalé par l'indice de De Martonne. Durant cette année la région de Ain Bessam a connus une évaporation total de 2262 mm pour seulement un cumul pluviométrique de 268 mm.

6.4. Classification climatique de Koppen :

Selon la classification de Koppen, la région de Ain Bessam est situé dans le groupe « **Bsk** ». Cette classification est basée sur les données climatiques d'évaporation, de pluviométrie et de température durant la période allant de 1999 à 2018. Ain Bessam comprend un climat sec ou l'évaporation est toujours supérieure à la précipitation annuelle (codifié par la lettre **B**) (voir l'indice de BUDYKO). De même, la précipitation au niveau de Ain Bessam est comprise entre 50-100 % du seuil calculé (Figure), ce qui permet de codifié le régime pluviométrique par le symbole **S**. Enfin, la température annuelle moyenne ne dépasse jamais les 18 °C (dans nos relevés climatiques la température est de 16,94 °C), ce qui explique la codification **k**.

Donc, le climat de Ain Bessam est de type semi-aride caractérisé par des précipitation insuffisantes pour l'agriculture et un hiver sec et froid (climat steppique).

7. Discussion :

Les résultats présentés dans cette contribution exposent un épisode climatique de la région de Ain Bessam durant 20 années consécutives (1999-2018). Les paramètres analysés durant cette étude sont corrélés significativement par rapport aux années. Nos données montrent que les paramètres de températures, d'évaporation et de atteignent les maxima durant les mois chauds alors que les paramètres de pluviométrie et d'humidité atteignent les maxima durant les mois les plus froids. Nous avons aussi constatées que l'année 2009 est l'année la plus chaude au niveau de cette région alors que l'année 2003 été l'année la plus arrosée.

L'analyse climatique effectuée au niveau de la station de Ain Bessam indique que le climat de la région n'a pas connus un changement important et significative durant les vingt (20) dernières années. Cette constatation est expliquée probablement par l'équilibre du rapport des couples température/précipitation et humidité/évaporation. **NÈGRE et al., (1988)**, rapporte que la relation entre ces couples s'articule autour de deux bilans, le premier un bilan énergétique qui implique le flux de chaleur en relation avec l'évaporation. Et le deuxième, un bilan massique qui implique le bilan hydrique en relation avec l'humidité. On connaît d'avance que l'influence des anomalies saisonnières de ces flux est conditionnée par l'introduction de la notion de causalité au sens de Granger (**NACEF et BACHARI, 2012**).

GNANGLE et al., (2011), suppose que la variabilité temporelle en Afrique des paramètres climatique tient au fait du cycle saisonnier globale de la planète mais également sur leurs évolutions selon les régions. On note que du fait de sa proximité aux deux barrages hydrologique (Oued Lekhal et Telesdite), la région de Ain Bessam est confrontée à ces valeurs d'humidité et d'évaporation.

De plus, les paramètres climatiques indiquent que la sécheresse de la région de Ain Bessam est modulée par les facteurs topographique et le sol. Nous avons constaté que l'année 2000 été l'année la plus sèche. Ces contraintes climatiques sont connues pour être les principaux responsables de la structuration des groupements végétales (**BARBERO, 1990**). Cette bioclimatologie de Ain Bessam est responsable de la couverture végétale en place et la pratique agricole adaptée au zone steppique. **NEDJRAOUI (2011)** a indiqué que la pluviométrie annuelle a connus une diminution de 17 à 28 % ces dernières décennies dans les régions steppiques en Algérie. Ce stress climatique influence significativement sur le rendement

agricole et la productivité. Aussi, les pratiques anarchique et excessives de l'agropastoralisme et des cultures maraichères, contribue a accentué la tendance aridité/sécheresse.

Ce changement climatique illustré par des modifications dans les paramètres climatiques est expliqué par cette variabilité dans les flux énergétiques et massiques d'une région. Ces changements ce répercute sur la diversité biotique et sur le rendement agricole. **DALMEDICO et GUILLEMOT (2006)** disent que ces changements sont dus aux enjeux géopolitiques et industriels de chaque pays ; par exemple : la question de la modélisation de l'effet des gazes à effet de serre (GES) sur l'augmentation de la température d'une région ?

Conclusion

Conclusion :

Le climat de notre planète a sensiblement évolué lors des dernières décennies, la communauté internationale est de plus en plus préoccupée par l'évolution du climat et ses conséquences socio-économiques et environnementales. Un changement a été mis en évidence pour différents paramètres climatiques dans plusieurs parties du globe, plus particulièrement le régime pluviométrique. Les pluies jouent un rôle très important dans la répartition et le développement des écosystèmes naturels et humains. Certains écosystèmes sont devenus très vulnérables à ce changement en raison de leurs capacités d'adaptation très limitées. Depuis le milieu du 20^{ème} siècle, une tendance à la diminution des précipitations et une augmentation de la température est observée, et se poursuivent en ce début du 21^{ème} siècle mises en évidences par plusieurs études.

Le climat en Algérie et en Afrique du Nord est de type méditerranéen, dominé par des étages bioclimatiques semi-aride, aride et hyper aride (BENYETTOU et BOUKLIKHA, 2017). D'après l'indice de BUDYKO, Les données climatiques relevées dans la région d'Ain Bessam durant la période 1999-2018 indiquent que la quantité d'évaporation est toujours supérieure au cumul de précipitation et une sécheresse annuelle qui s'étale entre le mois de mai jusqu'au mois d'octobre selon l'indice de Gaussen-Bagnouls.

Cette région présente un support topographique de structure et d'altitude très variés, et une couverture végétale résistante à la sécheresse et acclimatée durant la période estivale. On a calculé le quotient pluviométrique d'EMBERGER selon la formule de STEWART(1969), la valeur trouvée place notre zone dans l'étage bioclimatique semi-aride.

On constate que l'indice de Martonne varie en fonction des années. En effet, l'année 2000 est la plus sèche qui classe la région dans un climat aride. En revanche, durant les années 2003, 2007, 2011, 2013 et 2018 on note un climat semi humide au niveau de la région d'Ain Bessam.

L'engagement de l'Algérie dans la lutte contre le changement climatique a été réitéré lors des différents sommets mondiaux sur le climat. La participation de l'Algérie à la conférence des parties de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (COP25) est l'un des exemples de cette volonté. Cette participation intervient après quelques mois de l'adoption du plan national climat (PNC) pour la période 2020-2030. Ce plan se veut un outil pratique pour appliquer la politique nationale de lutte contre les effets

négatifs des changements climatiques. Selon l'ensemble des accords internationaux visant la réduction de l'émission des gaz à effet de serre et la lutte contre le réchauffement climatique, l'Algérie a ratifié en 2015 l'accord de paris sur climat (COP21) dans le but de contribué à réduire la hausse de la température mondiale [3].

Suite aux résultats rapportés par cette présente étude on recommande vivement :

- La continuité de la collecté des données climatiques pour plus de connaissances climatiques et bioclimatiques de la région de Ain Bessam.
- Une cartographie multicouche pour une gestion efficace des changements climatiques et éventuellement la lutte contre la désertification.
- Des analyses cartographiques à long terme de la région de Ain Bessam pour une connaissance de l'évolution temporelle des paramètres climatiques, ce qui permet un plan de gestion de la région.

References

bibliographiques

Bibliographie :

- A -

ADEME, 2015. Le changement climatique : comprendre ses causes et ses conséquences pour mieux réagir. Paris, France, 21p

AKSOUH A., 2017. Caractérisation des intensités de pluie dans la région centre-est de l'Algérie en termes d'évolution temporelle et spatiale. Mémoire de master, Ecole nationale supérieure d'hydraulique, Blida, 58p.

ANDI, 2013. Invest in Algeria (wilaya de Bouira). Rapport technique.

- B -

BARBERO M., 1990. Méditerranée: bioclimatologie, sclérophylle, sylvigénèse. *Ecologia mediterranea*, 16(1), 1-12.

BARGAOUI Z., DAKHLAOUI H., et HOUCINE A., 2008. Modélisation pluie-débit et classification hydro climatique. *Revue des sciences de l'eau*, 21(2) : 233-245.

BARKAT H., 2014. Analyse des groupements herpétologique dans les hautes plaines Sétifiennes. Mémoire de magister, Université de Sétif, 101p

BELARBI F., 2010. Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la Tafna. Mémoire de magister, Université de Tlemcen, 140p

BENLATRECHE T., 2006. Effet thermo-radiatif et caractérisation microclimatique des cours intérieurs dans les édifices publics. Mémoire de magister, Université de Constantine, 240p.

BENYETTOU M., et BOUKLIKHA A., 2017. Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie. Mémoire de master, Université de Tlemcen, 92p.

BOUDIA S., 2014. Contribution à l'étude floristique de *Cakile maritima* (Brassicacées) dans le littoral de la région de Tlemcen. Mémoire de master, Université de Tlemcen, 91p.

BOUDJEMAA S., 2010. Cartographie des relations sol-eau-végétation dans un milieu salé lac de Fertaza. Mémoire de magister, Université d'Annaba, 123p.

Références bibliographiques

BOUKETTA S., 2011. L'effet de la géométrie urbaine sur l'écoulement du vent et la ventilation naturelle extérieure. Mémoire de magister, Université de Constantine, 293p.

BRAHMI D., 2014. Analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie. Mémoire de master, Université de Tlemcen, 63p.

BREON F.M., et LUNEAU G., 2018. Atlas du climat face aux défis réchauffement. 2^{ème} édition, Autrement. Paris, France, 96p.

- C -

CEA, 2013. Le climat : Observé le passé préservé l'avenir. Maya presse. France, 40p.

CGDD, 2019. Chiffre clés du climat : France, Europe et monde. 80p.

- D -

DAHAN DALMEDICO A., ET GUILLEMOT H., 2006. Changement climatique: dynamiques scientifiques, expertise, enjeux géopolitiques. Sociologie du travail, 48(3), 412-432.

DECONINCK J.F., 2014. Paléoclimats : l'enregistrement des variations climatiques .2^{ème} édition, Vuibert. Paris, France, 240p.

DE PARCEVAUX S., et Huber L., 2007. Bioclimatologie concept et application .1^{er} édition, Paris, France, 338p

DELMAS R., CHAUZY, S., et VERSTRAETE, J. M., 2007. Atmosphère, océan et climat. Belin pour la science, Paris, France, 287p.

DEVUYST P., 1972. La météorologie : comprendre, interpréter, appliquer la météorologie. Édition, Eyrolles. Paris, France, 164p.

DGE, 2001. Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. Projets national ALG/98/G31, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 155p.

DIEW M., et ELANSARI F., 2018. Relation pluie-débits dans le bassin versant el mers (hauts Sebou). Mémoire de licence, Université de Tunisie, 31p.

Références bibliographiques

DIOMANDE B.I., 2014. Initiation à la climatologie et à l'hydrologie. Cours pédagogique, Université de Bouake, 21p.

DOUCET R., 2006. La science agricole : le climat et les sols agricoles. Bereger A.C. Québec, 444p.

DRAOUI A., et ARRADJ N., 2018 : Analyses et cartographie de la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques dans le bassin de l'algerois. Mémoire de master, Université de Khemis Melliana, 58p

- F -

FLAMMARION C., 1888. L'atmosphère : météorologie populaire. Librairie Hachette et Cie. Paris, France, 809p.

FLORET C., et PONTANIER R., 1984. Aridité climatiques, aridité édaphique. Bulletin de la société botanique, 131 (2-4) : 265-275.

FOUCAULT A., 2009. Climatologie et paléoclimatologie. 2^{ème} édition, Dunod, Paris, France, 320p.

- G -

GHALMI S., 2012. Relation et fonctionnement des sources issues de la corniche calcaire de djebel Bouziane-Gaagaa région de Hammamet-Gaagaa. Mémoire de magister, Université de Tébessa, 99p.

GIUFFRIDA A., et SANSOSTI G., 2011. Manuel de météorologie-un guide pour comprendre les phénomènes atmosphériques et climatiques. 1^{er} édition, GREMESE, Rome, 140p.

GNANGLE C.P., GLELE KAKAÏ R., ASSOGBADJO A.E., VODOUNNON S., AFOUDA YABI J., ET SOKPON N., 2011. Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. Climatologie, (Volume 8), 27-40.

GODARD A., et TABEAUD M., 2009. Les climats mécanismes, variabilités, répartition. 4^{ème} Édition, Armand colin, Paris, France, 217p.

GUYOT G., 1999. Climatologie de l'environnement. 2^{ème} édition, Dunod, Paris, France, 544p.

- H -

HADJ ALLAL F., 2014. Contribution a l'étude du genre tamarix : aspect botanique et phytoécologique dans la région de Tlemcen. Mémoire de magister, Université de Tlemcen, 170p.

HAMEL K., 2006. Le climat. Cours pédagogique, Université de Biskra, 89p.

- I -

IKTITEN K., 2014. Contribution à la modélisation du climat de la kabyle. Mémoire de magister, Université de Bejaia ,65p.

- K -

KOLI BI ZUELI B., et PAULINE DIBI K., 2001. Initiation a la climatologie : climatologie générale. Cour pédagogique, Université d'Abidjan, 47p.

KOLLING-BOUIMETARHAN I., 2017. Notion de climatologie. Cour pédagogique, Université Ibn Zohr (Maroc), 97p.

- L -

LOUADI T., ET AL., 2012. Acte du séminaire national sue la situation démographique de l'Algérie. Université d'Oran, 145p.

- M -

MAMERCIER A., et BEAUX J., 1994. La planète terre : histoire, environnements, ressources. NATHAN. France, 160p.

MATARI A., 2016. Climat et changement climatique. Journal algérien des régions arides. p 9-14.

MEDJERAB A., 2015. Bioclimatologie. Cour pédagogique, Université d'Oran 2, 9p.

MEGHERBI W., 2015. L'ensablement, un risque négligé en zone tellienne littorale cas de la région Mostaganem. Mémoire de magister, Université d'Oran 2, 193p.

Références bibliographiques

MERDAOUI Z., 2007. Caractérisation radiométrique des sites de Bouzaréah et de Ghardaïa. Mémoire de magister, Université de Blida, 127p.

MERLE J., 2006. Océan et climat. 1^{er} édition, IRD, Paris, France, 224p.

- N -

NACEF L., ET BACHARI, N.E.I., 2012. Influence des flux de chaleur latente et sensible à l'interface air-mer en Méditerranée sur la pluviométrie et la température dans le nord de l'Algérie. Atmosphere-ocean, 50(3), 334-351.

NASSIRI L., 2018. Climatologie : notion et application. Cours pédagogique, Université Moulay Ismail, Maroc, 35p.

NEDJRAOUI D., 2011. Vulnérabilité des écosystèmes steppiques en Algérie.

NEGRE T., IMBERNON J., GUINOT J.P., SEGUIN B., BERGES J.C., ET GUILLOT, B., 1988. Rainfall estimation and monitoring in Senegal by cumulation of the thermal infra-red images of the Meteosat satellite.

NIA M., 2010. Etudes comparatives des méthodes d'estimation du rayonnement solaire. Mémoire de magister, Université de Sétif, 107p.

- O -

ONS, 2006. Compendium national sur les statistiques de l'environnement. Alger, 98p.

- P -

POITON J., BRACONNOT, P., et MASSON-DELMOTTE, V., 2015. Le climat : La terre et les hommes. EDP SCIENCES. France, 250p.

- Q -

QA INTERNATIONAL COLLECTIF, 2007. La météo : Comprendre le climat et l'environnement. Québec Amérique. Canada, 128p.

- R -

REZIG N., 2018. Etude de l'utilisation des produits phytosanitaires dans les fermes pilotes de la daïra d'Ain Bessam. Mémoire de master, Université de Bouira, 59p.

RHISSAAG B., 2018. Etude de changement climatique au nord-est algérien. Mémoire de master, Université d'Annaba, 85p.

RINGARD J., 2017. Estimation des précipitations sur le plateau des Guyanes par l'apport de la télédétection satellite (Doctoral dissertation, Guyane).

ROCHARD J., CLEMENT, J., et SRHIYERI, A., 2006. Fondement du climat et perspective d'évolution. Congrès mondial de la Vigne et du Vin, OIV. Institut français de la vigne et du vin. 23p.

- S -

SADALLAH A., et LAIDI R., 2018. Etude ethnobotanique de certaines plantes médicinales dans la région d'Ain Bessam et Sour El Ghozlene (Bouira). Mémoire de master, Université de Bouira, 58p.

SEBAIBI A., 2014. Potentialités agro-climatiques de la région de Zenata et de Maghnia. Mémoire de magister, Université de Tlemcen, 227p.

SOLTNER D., 2011. Le climat : les bases de la production végétale. 10^{ème} édition, sciences et techniques agricoles. 352p.

- T -

TABEAUD M., 2008. La climatologie générale. 3^{ème} édition, Armand Colin. Paris, France, 128p.

- V -

VIGNEAU J.P., 2005. Climatologie. 2^{ème} édition, ARMAND COLIN. Paris, France, 200p.

- Y -

YAHIAOUI D., 2015. Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie. Mémoire de magister, Université d'Oran 1, 161p.

Webographie :

[1] : <https://www.meteo.dz/climatenalgerie.php>

[2] : <https://algerie-meteo.com/Climat.html>

[3] : <http://www.aps.dz/sante-science-technologie/98456-lutte-contre-le-changement-climatique-l-engagement-de-l-algerie-reitere>

[4] : <https://www.cairn.info/les-milieus-naturels-du-globe--9782200355838-page-169.htm#>

Annexes

Annexe 1 : Appareillage et instruments de mesures.



Figure 1 : Vue générale du thermographe.



Figure 2 : Vue générale d'un hygrometre.



Figure 3 : Vue générale d'un pluviographe.



Figure 4 : Vue générale d'un bac d'évaporation.



Figure 5 : Vue générale d'un pluviomètre manuel.



Figure 6 : Vue générale d'un anémomètre.



Figure 7 : Vue générale d'un baromètre.

Annexe 2 : Types de stations météorologiques.



Figure 1 : Vue générale du parc météorologique (station classique).



Figure 2 : Abri météorologique.



Figure 3 : Vue générale d'une station agro météorologique.



Figure 4 : Vue générale d'une station automatique.

Résumé :

Le climat est un paramètre essentiel dans les études biologiques et écologiques. Il contribue à l'explication du fonctionnement des écosystèmes. Notre étude vise à décrire les paramètres climatiques et bioclimatiques de la région de Ain Bessam (wilaya de Bouira, nord de l'Algérie). Nous avons relevés cinq paramètres climatiques : la température, la pluviométrie, la vitesse du vent, l'évaporation et le taux d'humidité durant une période de vingt ans (1999-2018). Nos résultats indiquent que l'année 2009 est l'année la plus chaude, alors que l'année 2003 été l'année la plus arrosée. L'analyse climatique montre que la région de Ain Bessam n'a pas connus un changement significatives dans la variation temporelle des paramètres étudiés. Malgré sa position près de deux barrages hydrologiques (Oued Lekhal et Telesdite), Ain Bessam est situé dans un étage climatique semi-aride. L'indice de sécheresse estivale (ISE) ne dépasse jamais les 2 unités. A la lumière de nos résultats, nous recommandons plus de relevés climatiques et une cartographie de cette région pour un plan de gestion efficace contre les changements climatiques.

Mots clés : Ain Bessam, climat, ISE, température, pluviométrie.

Abstract :

Climate is an essential parameter in biological and ecological studies. It allows explaining ecosystems function. Our study aims to describe the climatic and bioclimatic parameters of the Ain Bessam region (Bouira district, northern Algeria). We recorded five climatic parameters: temperature, rainfall, wind speed, evaporation and humidity over a period of twenty years (1999-2018). In 2009, we have noted the high value of temperature, while in 2003 rainfall reached its maximum. Climate analysis shows that the Ain Bessam region did not illustrated a significant change in the temporal variation of these five climatic parameters. Despite its situation near two hydrological dams (Oued Lekhal and Telesdite), Ain Bessam is characterized by a semi-arid stage. The summer dryness index (SDI) never exceeds 2 units. According to our results, we recommend more climate records and mapping of this region for an effective management plan against climate change.

Key words: Ain Bessam, climate, SDI, temperature, rainfall.

خلاصة البحث:

إن المناخ من أهم المعايير في الدراسات البيولوجية والبيئية. حيث أنه يساعد في شرح كيفية عمل النظم البيئية. تهدف دراستنا إلى وصف العوامل المناخية والبيومناخية لمنطقة عين بسام (ولاية البويرة، شمال الجزائر). قمنا في هذه الدراسة بقياس خمسة عوامل مناخية: درجة الحرارة، كمية الأمطار المتساقطة، سرعة الرياح، التبخر ونسبة الرطوبة على مدى عشرين سنة (1999-2018). النتائج المحصل عليها تشير إلى أن أعلى درجة حرارة تم تسجيلها خلال عام 2009، بينما أعلى كمية الامطار المسجلة كانت خلال عام 2003. يظهر تحليل النتائج المناخية أن منطقة عين بسام لم تشهد تطورا معتبرا في التباين الزمني للمعايير المدروسة. على الرغم من موقعها بالقرب من سدين هيدرولوجيين (واد لكحل وتلسدايت)، تقع عين بسام في منطقة مناخية شبه جافة. حيث أن مؤشر الجفاف الصيفي (ISE) لا يتجاوز الواحدتين. في الاخير، نقترح تسجيلات مناخية إضافية و خرائط مناخية لهذه المنطقة من أجل خطة إدارة فعالة ضد التغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: عين بسام، المناخ، ISE، درجة الحرارة، كمية الأمطار المتساقطة.