



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
كلية علوم الطبقة و الحياة و علوم الأرض و الكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفالحيقة Département
des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Thème

**Etude de variabilité spatio-temporelle des précipitations moyennes
annuelles dans le bassin versant de chott El Hodna**

Présenté par : **BENSAADALLAH Mebarka**
TAIBA Somia

Devant le jury composé de :

Président : **MAAFI .O**

MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)

Encadrant : **BENAINI Mohammed**

MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)

Examinateur: **BOURAHLA A**

MCA (Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

Louange à Dieu, tout puissant de m'avoir donné pour arriver jusque-là.

Au terme de cette modeste étude, je voudrais exprimer mes gratitude et mes sincères remerciements à notre encadreur monsieur « **BENAINI Mohammed** » enseignant à l'université **Mohammed El Bachir El Ibrahimi-Bordj Bou Arreridj** pour son aide, pour sa patience, ses commentaires et bien sur ses critiques.

Merci aussi à tous les professeurs qui contribué à notre formation « **Aménagement hydro-agricole** ».

Je remercie évidemment le président et les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Enfin, ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de cette mémoire.

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à :

- ❖ *A mon père **Ali** « que dieu lui fasse miséricorde et le place dans ses havres » et ma mère le grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec leurs conseils et leur soutien moral.*
- ❖ *A mes chers sœurs **Nasima, Souad, Hakima Dalila Soria** et ma belle **Linda** que Dieu les protèges.*
- ❖ *A mes frères **Abed Elhafid, Laid** et **Ahmed** que dieu les protèges.*

« Vous êtes dépensés pour moi sans compter, en reconnaissant de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour une permettre d'atteindre cette étape de ma vie »

- ❖ *A mes amis et mes collègues : **Amina Z, Amina C** et **Ilham**.*
- ❖ *A me binôme **Taïba Somia**.*
- ❖ *A mon promoteur **Mr. Benaini Mohammed**.*

Mebarka

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents : aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler, que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*A ce lui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : mon marie **Benkhelifa Larbi** et bien sûr à mes frères **Amin**, **Zaid** et ma belle-sœur **Soundous** sans oublier ma jolie fille **Riham**.*

*A ma belle mère, mes amies, mon binôme **Mebarka** et toute la famille **Taïba** et à tout ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

Somia

Liste des abréviations

m : mètre (unité de longueur ou distance).

Km² : kilomètre carré (superficie).

Km : kilomètre (unité de longueur ou distance).

°C : Degré Celsius.

m/s : Mètre par seconde.

Mm : Millimètre.

Ha : hectare.

Heure : unité de temps.

% : pourcentage.

ANRH : Agence National des Ressources Hydrauliques.

ONM : Office National de la Météorologie.

T min : Température minimale.

T max : Température maximale.

T moy : Température moyenne.

Tables des matières

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Liste des abréviations	IV
Tables des matières.....	V
La liste de figures	VIII
La liste de tableaux.....	IX
Introduction générales.....	1
Chapitre I : Aperçu bibliographique	
Introduction.....	2
I.1. Le cycle de l'eau.....	2
I.2. Composants du cycle hydrologique.....	2
I.2.1 Complexe évaporation-transpiration.....	2
I.2.2 Précipitation.....	2
I.3 Variabilité climatique	3
I.3.1 Variabilité climatique dans le monde.....	3
I.3.2 Variabilité climatique en Algérie	4
I.4 Le climat.....	5
I.5 Eléments de climat.....	5
I.5.1 Précipitations.....	5
I.5.1.1 Origine de précipitations.....	6
I.5.2 Types de précipitations.....	6
I.5.2.1 Précipitations convectives.....	6
I.5.2.2 Précipitations orographiques.....	6
I.5.2.3 Précipitations cycloniques.....	7
I.6 Formation de précipitations.....	8
I.6.1 Etape du développement de la précipitation.....	9
I.6.1.1 Condensation et la sursaturation.....	9
I.6.1.2 le développement des hydrométéores.....	9
I.6.1.3 Chute des hydrométéores.....	9
I.7 Régime de précipitation.....	9
I.8 Répartition de précipitation.....	10
I.8.1 Inégale répartition dans l'espace	10
I.8.1.1 A l'échelle du globe.....	10

I.8.1.2 A l'échelle régionale	11
I.8.1.3 A l'échelle locale... ..	11
I.8.2 Inégale répartition des pluies dans le temps.....	12
I.8.2.1 variations aléatoires... ..	12
I.8.2.2 variations périodiques... ..	12
I.8.2.3 variations séculaires... ..	13
Conclusion... ..	13

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Introduction... ..	14
II.1 Présentation de la zone d'étude	14
II.2 situation géographique du bassin versant El hodna	15
II.2.1 Le relief.....	15
II.2.2 Les Montagnes... ..	16
II.2.3 Le piémont... ..	16
II.2.4 Chott El Hodna.....	16
II.3 Géologie.....	16
II.3.1 le trais.....	16
II.3.2 le jurassique et le carbonate... ..	17
II.3.3 Le crétacé.....	17
II.3.4 Le paléocène	17
II.3.5 Le néogène	17
II.3.6 Le quaternaire	17
II.4 Sols (Pédologie)... ..	18
II.5 Le climat de la région... ..	19
II.5.1 Pluviométrie... ..	19
II.5.2 Température	20
II.5.3 Le vent... ..	20
II.5.4 Humidité.....	20
II.6 Couvert végétal... ..	21
II.7 Le bilan hydrologique	21
II.7.1 Etudes hydro-pluviométriques... ..	21
Conclusion... ..	23

Chapitre III : Variation Spatiotemporelle des précipitations.

III. Introduction... ..	24
III.1. Analyse des précipitations.....	24

III.2. Statistiques des données.....	24
III.3. Etude de variation temporelle des pluies.....	25
III.3.1. Etude de la tendance du régime pluviométrique.....	25
III.4. Variation spatiale des pluies annuelles.	28
III.5. Conclusion.....	29
Conclusion général.....	31

La liste des figures

Chapitre I : Aperçu bibliographique.

Figure I.1. Schéma de cycle hydrologique.....	16
Figure I.2. Précipitation convectif... ..	19
Figure I.3. Précipitation orographique.....	20
Figure I.4. Front chaud et froid... ..	20
Figure I.5. Nuages et précipitations associés à un front chaud et froid... ..	21
Figure I.6. Répartition mondiale des précipitations	24

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Figure II.1. Situation de bassin versant du Hodna dans l'ensemble des bassins versants Algériens... ..	29
Figure II.2. Géologie du bassin versant du Hodna.....	31
Figure II.3. Pédologie de la région du Hodna	33
Figure II.4. Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna	33
Figure II.5. Précipitations mensuelle, annuelle, moyenne en (mm) de la région de M'sila et Boussaâda durant la période (2008-2017)	36
Figure II.6. Variabilité dans le temps des précipitations en (mm-an) entre les deux stations	36

Chapitre III : Variation Spatiotemporelle des précipitations.

Figure III.1. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Ain Nessissa et Ain El hadjel.....	40
Figure III.2. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Meida et Sidi Aneur... ..	41
Figure III.3. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Ain Kherrmane et Bordj Bou Arreridj.....	41
Figure III.4. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Sidi Ouadah et Attouta barrage.....	41
Figure III.5. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Slim, Ain Rich et Oued Chair... ..	42
Figure III.6. Variation spatiale de précipitation moyenne interannuelle (1980-2010).....	42

La liste de tableaux

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

Tableau II.1. Données pluviométriques de la station météorologiques de M'sila et Boussaâda	35
Tableau II.2. Données pluviométriques annuelle de la station météorologiques de M'sila et Boussaâda	36
Tableau II.3. Caractéristiques du bassin versant du Hodna.....	37

Chapitre III : Variation Spatiotemporelle des précipitations.

Tableau III.1. Statistique des séries de précipitations des stations dans un bassin versant de Chott El Hodna	39
--	----

Introduction générale

Introduction général

La ressource en eau superficielle et souterraine dans les pays semi-arides constitue le facteur limitant pour tout essor économique. Les pluies, qui constituent la source principale de cette ressource, permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large. Elles interviennent par : Leur hauteur totale annuelle qui détermine l'abondance fluviale ; Leur répartition mensuelle et saisonnière qui influence directement les régimes hydrologiques ; Leurs totaux journaliers générateurs de crues (Brahmi, 2014).

L'Algérie a connu, au cours de ces trente dernières années, une variabilité pluviométrique importante dans l'espace et dans le temps. Cette variabilité, caractérisée par un important déficit pluviométrique, a eu un impact négatif sur le régime d'écoulement des oueds, sur l'alimentation de la nappe phréatique et sur le niveau de remplissage des barrages, dont les conséquences sont souvent catastrophiques sur le développement socioéconomique du pays (Brahmi., 2014).

Plusieurs méthodes sont utilisées pour caractériser le régime climatique. L'analyse statistique des données pluviométriques est une méthode classique et souvent efficace dans l'analyse temporelle des précipitations en Algérie. La cartographie des précipitations est un outil souvent utilisé pour la caractérisation spatiale.

La présente étude ayant pour thème « analyse spatio-temporelle des précipitations dans la zone de hodna » s'inscrit dans ce contexte. L'objectif principal tracé est l'étude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations annuelles issues de données relevées au niveau de 11 postes pluviométriques repartis sur la zone d'étude.

Le mémoire ainsi réalisé sera structuré en trois principales parties comme suite :

- ✚ La première partie consacrée à une synthèse bibliographique portant sur l'étude de la précipitation dans le cycle global de l'eau, les différents types de précipitations ainsi que leur répartition. De même, la problématique des changements climatiques sera détaillée dans cette partie.
- ✚ La deuxième partie donne une présentation de la zone d'étude, un aperçu sur son hydroclimatologie et agro-pédologie, sa géologie et son hydrogéologie.
- ✚ la troisième partie consiste à faire une application de ces méthodes sur la zone d'étude et interpréter les résultats obtenus.

Chapitre I :
Aperçu
bibliographique

I. Introduction

La climatologie se base sur des observations et des relevés d'un maximum des paramètres possibles comme la température, les précipitations, l'humidité...etc. les climatologues distinguent entre les concepts de la variabilité du climat et le changement climatique. la variabilité du climat se réfère généralement à court ou à moyen terme, aux fluctuations autour de l'état moyen du climat sur les échelles de temps allant de quelques années (15à30ans) ([Hermès, 2008](#)).

I.1. Cycle de l'eau

LABORDE en 2009 a définie le cycle de l'eau (cycle hydrologique) comme l'ensemble des cheminements que peut suivre une particule d'eau. Ces mouvements, accompagnés de changement d'état, peuvent s'effectuer dans l'atmosphère, à la surface du sol et dans le sous-sol. Chaque particule n'effectue qu'une partie de ce cycle et avec des durées très variables : une goutte de pluie peut retourner à l'océan en quelques jours alors que sous forme de neige, en montagne, elle pourra mettre des dizaines d'années. A ces apports atmosphériques s'ajoute l'apport éventuel de l'amont du versant, par des écoulements superficiels transitant en ce point. Enfin, à ces apports naturels s'ajoutent les apports artificiels de plus en plus fréquents dans les bassins à forte agriculture intensive, par une irrigation recyclant de l'eau prélevée dans les réserves superficielles ou souterraines du bassin, voir même importée d'un autre bassin.

I.2. Composants du cycle hydrologique

Le cycle hydrologique est composé de quatre phases principales, deux phases se déroulent dans l'atmosphère et les deux autres référents au ruissellement, se déroulent en contact avec la surface terrestre, ce sont :

I.2.1. Complexe évaporation-transpiration

L'évaporation est un processus physique au cours duquel un liquide se transforme en vapeur, et la transformation d'un solide tel que la neige ou la glace, sans passer par l'état solide, s'appelle la sublimation ([Environnement Canada, 2012](#)).

I.2.2. Précipitations

Durant son ascension dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et finit par se condenser, généralement autour de minuscules particules de poussière dans l'atmosphère. En se condensant, elle redevient liquide ou passe directement à l'état solide (glace, grêle ou neige) .Ces particules d'eau s'assemblent pour former des nuages. Selon la température de

l'air ambiant. Une partie de l'eau précipitée retourne vers l'atmosphère par le phénomène d'évaporation (Morell, 1999).

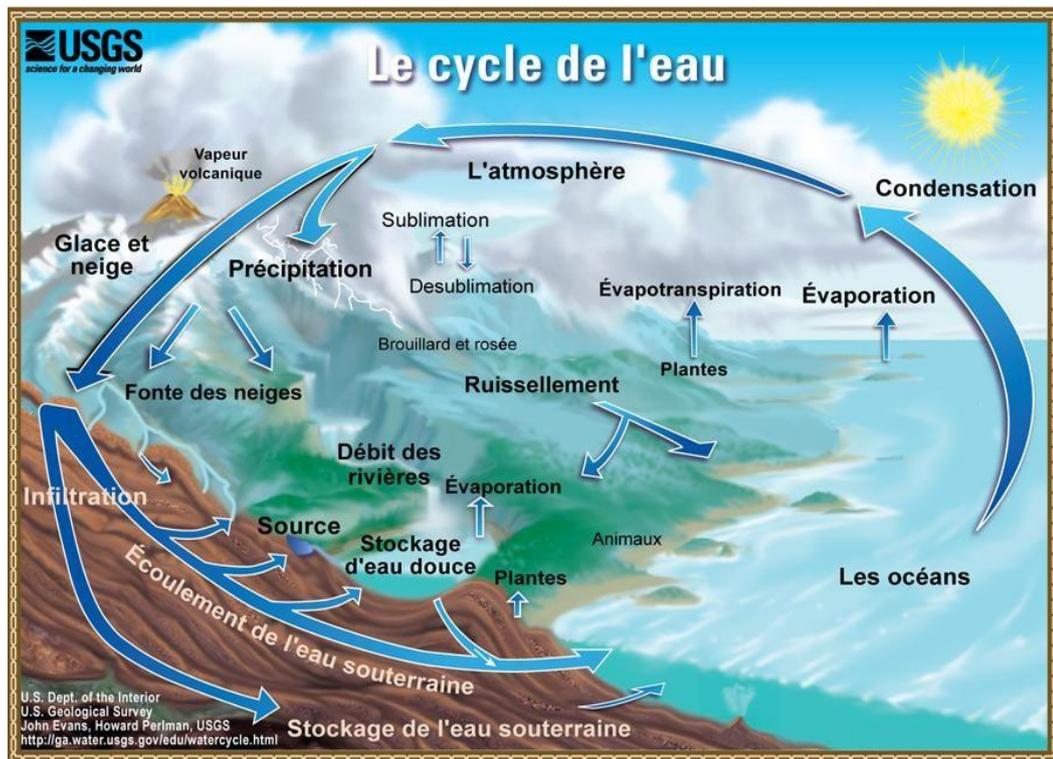


Figure I.1. Schéma de cycle hydrologique (Environnement Canada., 2013).

I.3. Variabilité climatique

La variabilité climatique désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomène extrêmes, etc..) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe) (ONERC, 2007).

I.3.1. Variabilité climatique dans le monde

La recherche sur les indicateurs de variabilité climatique est devenue une priorité pour beaucoup de chercheurs. Par le monde de nombreuses études ont été menées pour la détection de ces changements.

En Maroc septentrional ont été étudié des séries pluviométriques, par l'application des méthodes statistiques de détection des ruptures, a montré que la période de rupture est apparue au cours des années 1970. Ils ont été étudié l'évolution récente du régime pluviométrique et on tente d'évaluer son impact sur l'extension spatio-temporelle de la sécheresse au Maroc septentrional. Les ruptures sont détectées au cours de la période de mesures la plus complète disponible : 1935-2004. Le calcul de l'indice pluviométrique standardise a permis de localiser

une phase déficitaire avant 1956, et une phase normale et /ou excédentaire jusqu'à la décennie de 1970. Après cette date, la baisse de la pluviométrie s'est installée d'une manière significative (Sebbar et al, 2011).

En Afrique de l'Ouest, une méthodologie statistique a été utilisée pour la détection des sécheresses (Vannitsem et al, 1991). Dans le but de mettre en évidence le non stationnarité des séries pluviométriques, trois différents tests non paramétriques ont été utilisés, le test de Mann-Kendall, le test de lombard, et le test de Pettitt. Le test de Mann-Kendall permet de détecter l'existence d'une seule tendance globale au sein de la série analysée. Le test de lombard permet d'évaluer le nombre de changement de moyenne significatifs au sein d'une série, le test de Pettitt est par contre capable d'estimer la position d'un changement de moyenne dans une série ou une sous-série. Cette méthodologie a permis de mettre en évidence et de différencier les trois sécheresses majeures qui se sont produites en Afrique de l'Ouest au cours du 20^{ème} siècle.

L'étude des séries pluviométriques de la Tunisie centrale, par la méthode des variables centrées réduites, a mis en évidence une certaine baisse des totaux annuels entre 1977 et 1989 (Hubert et al, 2000).

I.3.2. Variabilité climatique en Algérie

L'Algérie se situe sous un climat de transition, entre la zone tempérée et la zone tropicale, cette position la met sous l'influence directe du climat méditerranéen au Nord et du climat désertique au Sud. Le rythme saisonnier est simple :

- En été, l'Algérie est soumise à l'influence des hautes pressions subtropicales qui, eu égard à latitude, donne des temps très chauds, très secs et tempérés, mais seulement, aux bords de mer.
- En hiver, le retrait des hautes pressions vers des latitudes plus basses livre la région à la circulation zonale d'Ouest : le temps est plus frais et plus humide. Cette circulation d'Ouest envahit le bassin méditerranéen, mais, en réalité, seules quelques perturbations atlantiques arrivent jusqu'au bassin méditerranéen, à cause des reliefs qui entravent l'écoulement de l'air. Les deux tiers des perturbations activant dans la région sont d'origine locale. Elles sont dues à des circulations d'air polaire froid qui atteignent la Méditerranée et provoquent, au contact de ses eaux chaudes, une cyclogenèse active. Cet air froid qui touche le bassin méditerranéen progresse lentement vers le sud en saison froide. Ainsi, s'expliquent la diminution progressive des pluies vers le sud et l'allongement de la saison sèche (Benyatou et Bouklikha, 2017).
- Au Nord, les précipitations diminuent du nord au sud et d'est en Ouest. Sur la bande littorale, le climat est tempéré, avec des hivers pluvieux ou très pluvieux, avec des moyennes

pluviométriques annuelles pouvant atteindre plus de 1500 mm dans la région de Jijel et Bejaia. Cette variation dans le nord dépend de la latitude, de l'altitude, de la continentalité et du relief. En outre, une dissymétrie très nette existe entre les versants, ceux qui sont exposés au nord sont les mieux arrosés et ceux qui le sont au sud sont les plus secs. La moyenne des températures varie entre 8°C et 15°C en hiver et, en moyenne, 25°C en juillet et août (26.5°C à Annaba, 26°C à Bejaia). En été, le sirocco, vent sec et chaud (baptisé le Chehili localement), souffle du Sahara en direction du nord durant la saison estivale, amenant des nuages de poussières et de sable vers les régions côtières (Azzi, 2011).

Le climat dans la région de l'Atlas tellien est aussi tempéré, mais plus froid à cause de l'altitude. Il est caractérisé par des précipitations plus importantes (Benyatou et Bouklikha, 2017).

I.4. Le climat

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques au-dessus d'un lieu. Pendant que le temps est la combinaison des éléments suivant : la température, les précipitations et les vents à un moment donné. Ces éléments sont appelés éléments du climat. Les températures et les précipitations constituent les deux facteurs principaux de la nature d'un climat donné (Beniston, 2009).

I.5. Éléments de climat

Les éléments du climat sont des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat, ils résultent : soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure (thermomètre, pluviomètre ...), soit des observations visuelles codifiées directement par l'observateur (Givoni, 1978).

I.5.1. Précipitations

Représentent les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et /ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre). Elles correspondent à différents mécanismes d'ascendance (formation des nuages) et présentent des caractéristiques d'intensité et de durée diverses. La pluie est un phénomène associé aux systèmes nuageux précipitant, qui dépend de la microphysique des nuages mais aussi des mouvements atmosphériques à grande échelle (Berne, 2002).

Les précipitations sur les terres (800 mm/an) proviennent à 40 % de l'évaporation à partir des océans et à 60% à partir de l'évaporation au niveau des plans de l'atmosphère et du sol (Bennis, 2007).

I.5.1.1. Origine des précipitations

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 (Sadou et al, 2007).

I.5.2. Types de précipitations

Il existe trois types de précipitations : convectives, orographiques et frontales.

I.5.2.1. Précipitation convectives

Le système convectif apparaît lorsque deux masses d'air de températures différentes entrent en contact et plus particulièrement une masse d'air froide recouvre un sol plus chaud ou lorsque les basses couches sont chauffées par les radiations solaires, l'air de ces basses couches se dilate alors, s'allège et s'élève sous l'effet de la poussée d'Archimède, elle s'élève en se refroidissant jusqu'au niveau de condensation, altitude à laquelle se forme la base du nuage. L'air continue de s'élever en se condensant ainsi jusqu'au niveau d'équilibre thermique, altitude du sommet du nuage. Celui-ci peut atteindre des altitudes de l'ordre de 12 Km pour les situations les plus convectives. Ce système est décrit par 03 phases : développement, maturité et dissipation tel qu'il est représenté sur la figure 04 (Sanchez et al, 1970) et (Roche, 1963).

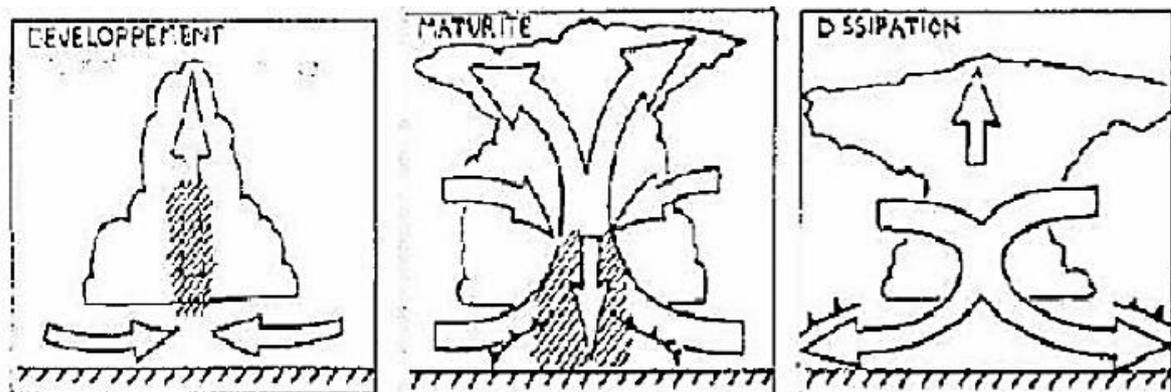


Figure I.2. Précipitation convectif (Brahimi D., 2014).

I.5.2.2. Précipitation orographique

La présence d'un relief (une chaîne de montagne par exemple) sur la trajectoire d'une masse d'air provoque l'élévation de celle-ci. Le refroidissement induit peut entraîner la

formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations. Ce type de système est relié aux perturbations cycloniques (Roche, 1963).

Les précipitations, d'intensité et d'extensions variables, touchent principalement le versant situé face au vent. Le versant sous le vent est au contraire plus sec, car l'humidité relative de la masse d'air et donc la pluie est moindre voir nulle lorsqu'elle descend sur le versant sous le vent (Morel, 1999).

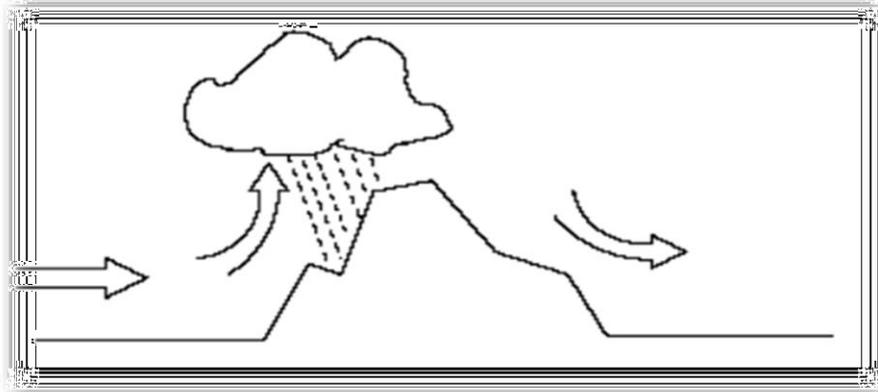


Figure I.3. Précipitation orographique (Brahimi D., 2014).

I.5.2.3. Précipitation cyclonique

Ces de précipitations sont engendrés au voisinage des surfaces de contact entre deux masses d'air de température et d'humidité différentes, que l'on appelle un front .la masse d'air chaud est toujours soulevée en altitude par la masse d'air froid. Suivant que la masse d'air chaud suive ou précède la masse d'air froid on trouve un front chaud ou froid. Dans le cas d'un front froid, les nuages ont un développement vertical important et les précipitations sont intenses. Dans le cas front chaud, les nuages ont une extension horizontale importante et les précipitations sont plus faibles que pour le front froid (Morel, 1999).

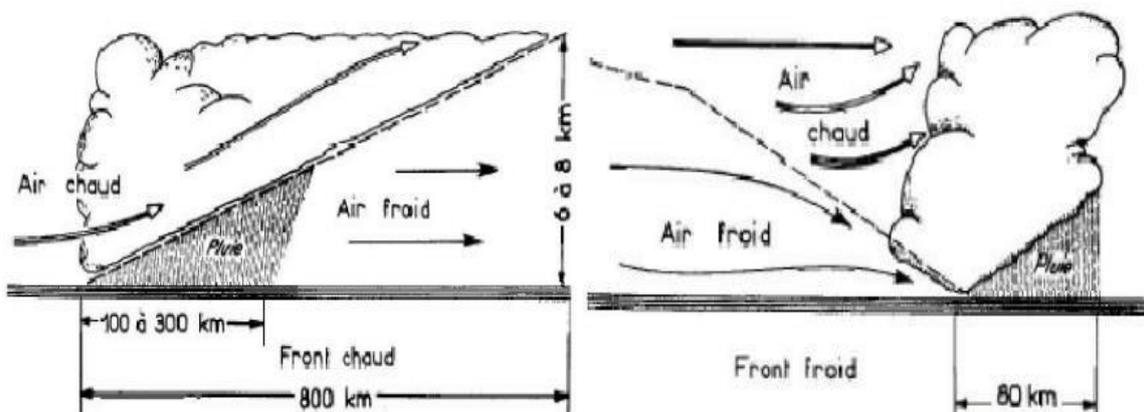


Figure I.4. Front chaud et froid (Brahimi D., 2014).

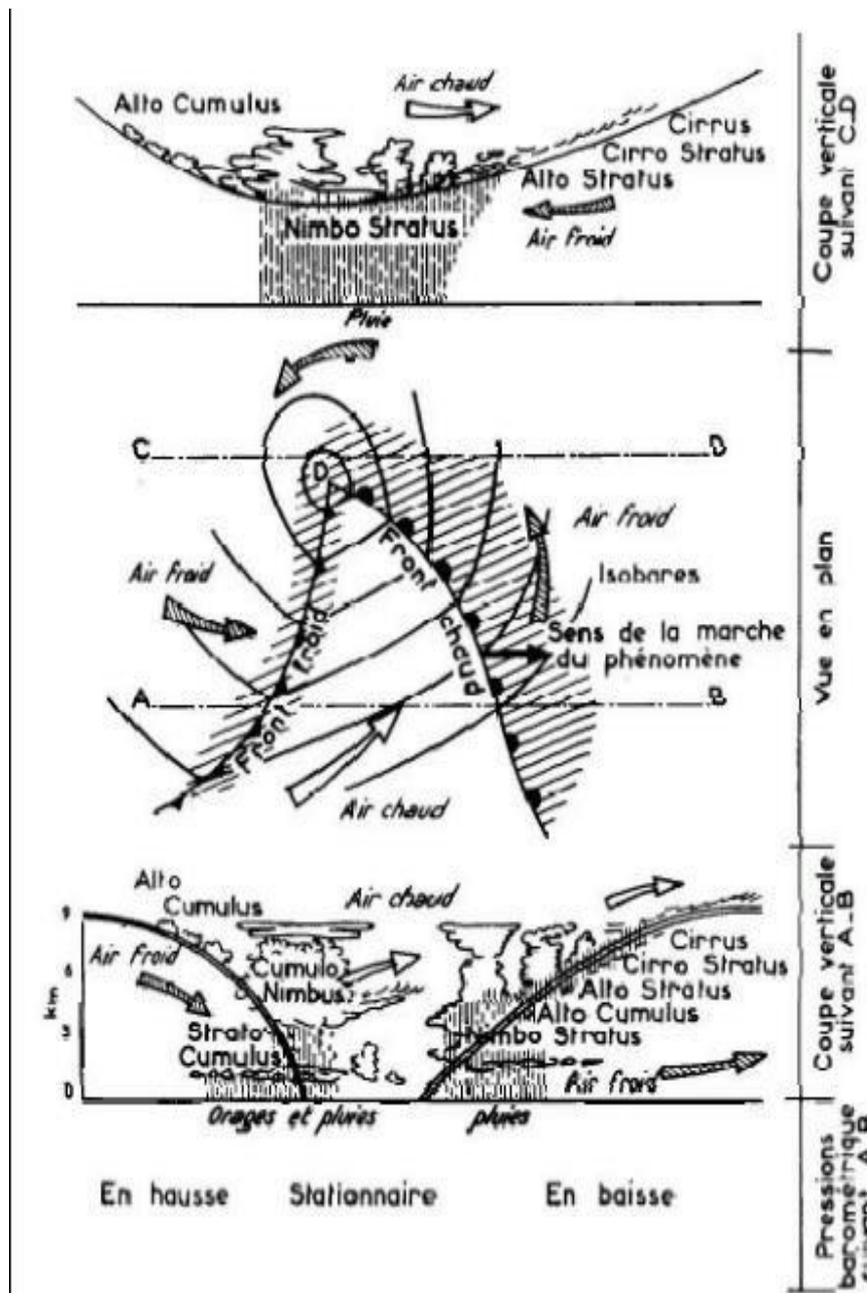


Figure I.5. Nuages et précipitations associés à un front chaud et froid (Berne A., 2002).

I.6. Formations de précipitations

La formation des précipitations nécessite la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. La saturation est une condition essentielle à tout déclenchement de la condensation. Divers processus thermodynamiques sont susceptibles de réaliser la saturation des particules atmosphériques (<https://echo2.epfl.ch/edrologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html>).

Initialement non saturées et provoques leur condensation :

- Saturation et condensation par refroidissement isobare (à pression constante).
- Saturation et condensation par détente adiabatique.

- Saturation et condensation par apport de vapeur d'eau.
- Saturation par mélange et par turbulence.

I.6.1. Etape du développement de la précipitation solide ou liquide

- Condensation (congélation) et sursaturation de l'air.
- Développement des hydrométéores (solide ou liquide).
- Chute des hydrométéores (solide ou liquide).

I.6.1.1. Condensation et la sursaturation

Vous avez maintenant les gouttelettes de nuages se forment par condensation des que le seuil de saturation de l'air en vapeur d'eau est légèrement dépassé (saturation), cela résulte du grand nombre de noyaux de condensation présente dans l'atmosphère .le diamètre habituel d'une gouttelette de pluie peut atteindre 5 millimètres ; c'est-à-dire que les gouttelettes de pluie est environ 100 fois plus grosse que les gouttelettes de nuage. Mais comment les petites gouttelettes de nuage de viennent-elles des gouttes de pluie. On pourrait croire que les gouttelettes de nuage vont tout simplement grossier et devenir des gouttelettes de pluie. Nous verrons que ce n'est pas exactement le cas ([Michel, 1989](#)).

I.6.1.2. Le développement des hydrométéores

Au début, les gouttelettes d'eau dans le nuage sont nombreuses et elles ont à peu près la même taille. Leur croissance se fait par condensation de vapeur sur leur surface, mais le nombre de gouttelettes est très élevé (1 million de gouttelettes par litre) et la compétition pour le partage de la vapeur d'eau. Disponible est féroce. Seule, la condensation de vapeur d'eau sur les gouttelettes n'est pas suffisante pour former des gouttelettes de grossir jusqu'à devenir des gouttelettes de précipitation (www.meteocentre.com/internet/precipitation/formation_precipitation.htm).

I.6.1.3. Chute des hydrométéores

La dernière étape du développement des hydrométéores est leur chute vers le sol. Ce n'est qu'au moment où ils ont un poids assez élevé, que des hydrométéores tombent au sol. En tombant, ils vont capturer d'autres gouttelettes et ainsi grossir. Mais ils vont aussi se déformer à cause de la friction de l'air. Comme les gouttes se déforment, elles peuvent aussi se briser pour former des gouttes plus petites ([Michel .P, 1989](#)).

I.7. Régime de précipitation

En utilisant la seule donnée de précipitation dans une nomenclature climatique, on parvient à définir une répartition mondiale des différents régimes pluviométriques .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. La précipitation moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'année (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donnée) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle (Musy et Meylan, 1999).

Finalement, les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables. D'une part, elles sont caractérisées par une grande variabilité dans l'espace et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc...) .d'autre part, elles sont caractérisées par une grande variabilité dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux (Musy et Meylan, 1999).

I.8. Répartition de précipitation

La grande variabilité des précipitations, à la fois dans l'espace et dans le temps, joue un rôle considérable en hydrologie.

I.8.1. Inégale répartition dans l'espace

L'inégale répartition des précipitations, à laquelle il a déjà été fait allusion, s'observe quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte.

I.8.1.1. À l'échelle du globe

La quantité moyenne de vapeur d'eau contenue sur l'ensemble de la planète correspond, à une lame d'eau de 25 mm. Cette valeur diminue régulièrement de l'équateur au pôle, et d'été en hiver, en relation avec la quantité de chaleur disponible pour l'évaporation. La distribution de l'humidité atmosphérique à la surface du globe est en bonne relation avec la répartition de l'évaporation et la circulation de vents dominants. La répartition mondiale des précipitations n'est pas aussi simple, dans la mesure où l'occurrence de précipitation est étroitement dépendante des conditions locales d'ascendance. À l'échelle du globe, les zones de précipitations maximales sont les zones équatoriales et les régions de mousson (figure 08). À l'opposé, les zones de faibles précipitations sont les zones subtropicales et les régions polaires, pour des raisons toutefois complètement différentes : dans le premier cas l'absence de précipitations est due à la présence de cellules de haute pression empêchant toute ascendance de l'air, alors que dans les régions polaires la faiblesse des précipitations résulte de la faible teneur en eau de l'atmosphère dont les températures sont très basses (Brahmi, 2014).



Figure I.6. Répartition mondiale des précipitations

<http://soutien67.free.fr/svt/terre/climat/climat.htm>

I.8.1.2. À l'échelle régionale

À l'échelle de pays comme l'Algérie, les influences orographiques apparaissent vite comme déterminantes. Les régions les plus arrosées sont représentées dans l'Est de l'Atlas Tellien. Elle exprime l'influence simultanée de l'orographie et de la circulation atmosphérique régionale durant toute l'année. La moyenne annuelle atteint 800 mm, le régime pluviométrique se caractérise par un maximum pendant la saison froide, et par des intensités pluviométriques relativement fortes (Medjerab et Henia, 2005), c'est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie. Elle est soumise au climat méditerranéen, caractérisé par un été sec et ensoleillé. Les moyennes annuelles des précipitations sont du Sud au Nord très variables de 450 à 1000 mm (Bahroun et Kherici Bousnoubra, 2011).

I.8.1.3. Échelle locale

À l'échelle locale, même pour de toutes petites surfaces, la variabilité des précipitations peut être considérable, elle est toutefois d'ampleur différente suivant les types de pluies, bien plus importante pour des pluies convectives que pour des pluies cycloniques. Or il s'agit là, notamment en ce qui concerne la grève des crues, d'un phénomène d'autant plus fondamental qu'il est difficile à connaître avec précision. Cette inégale répartition dans l'espace à l'échelle du bassin versant a fait l'objet de nombreuses recherches, dans la mesure où cette préoccupation rejoint la question de la mesure des précipitations (Robinson, 2000).

I.8.2. L'inégale répartition des pluies dans le temps

La mesure des précipitations en un point donnée montre de grandes différences d'une heure à l'autre, d'une semaine à l'autre, et même d'une année à l'autre. A un pas de temps fin, cette variabilité est bien plus importante pour la pluie que pour tout autre composante du cycle hydrologique ; l'évaporation. En théorie, la distribution des précipitations est déterministe , puisqu'elle dépend de la circulation atmosphérique et des propriétés des masses d'air .Mais d'un point de vue pratique, seule l'approche statistique , fondée sur de longues périodes d'observation ,est possible. La variabilité de précipitations est soumise à trois séries temporelles de variation : les variations journalières, aléatoires et cycliques, liées aux rythmes nyctéméral et saisonnier du soleil. Enfin des variations à long terme peuvent s'assimiler à des tendances ou à des modifications climatiques. (Brahmi, 2014).

I.8.2.1. Variations aléatoires

La grande variabilité interannuelle des pluies résulte du fait que, le plus souvent, une part importante de la pluie annuelle se produit lors d'un petit nombre d'événements pluvieux, et que l'occurrence de ces événements est très aléatoire. Ceci apparait immédiatement si l'on regarde les courbes annuelles des hauteurs pluies classées pour deux stations de climats très différents. Il est facile de comprendre que l'occurrence ou l'absence de ces événements pluvieux affecte sensiblement le total annuel, et l'irrégularité est d'autant plus grande que le nombre d'événements est petit. Ainsi, la variabilité interannuelle est la plus forte dans les régions de faible pluviosité où la pluie ne tombe qu'occasionnellement, que pour des régions où la pluie est fréquente, explique que la fiabilité de l'estimation des précipitations moyennes en climat aride et semi-aride est particulièrement sensibles à la longueur des séries d'observations (Robinson, 2000).

I.8.2.2. Variations périodiques

Il existe des variations des minimums et des maximums pluviométriques se produisant à un rythme relativement régulier, et donc assimilables à des cycles. Les plus connus sont les cycles diurnes et les cycles annuels. Dans l'un comme dans l'autre cas, les précipitations se produisent dans les périodes les plus chaudes, quand la teneur en eau de l'atmosphère est la plus élevée, et la convection thermique la plus forte.les variations diurnes ne sont importantes que dans les régions où l'essentiel des précipitations est d'origine convective, résultat de la surchauffe de la surface du sol pendant la journée. Ce type de variation se rencontre essentiellement en climat tropical humide (Brahmi, 2014).

I.8.2.3. Variations séculaire

l'histoire des climats commence à être connue et il n'y plus de doute sur le fait que le climat ait changé au cours des temps passés, et pas de raison de penser que de tels changements ne peuvent pas se reproduire. La question de savoir si de telles modifications du climat à long terme ont un caractère cyclique ou non demeure un sujet de controverse. Pourtant, ce consensus actuel autour de l'idée selon laquelle le climat n'est pas forcément stable est un fait nouveau dans l'histoire des sciences. A la fin du 19^e siècle certains chercheurs pensaient qu'un enregistrement continu pendant 35 ans permettait de connaître la pluviométrie annuelle moyenne vraie 2% près. cet optimisme n'est plus de cours aujourd'hui (Robinson, 2000).

I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous donnons quelques généralités sur les précipitations, sur leurs origines, les différents types ainsi que leur répartition.

Chapitre II :
Présentation de
la zone d'étude

II.1. Introduction

Le Bassin versant d'El-Hodna avec une zone de drainage de 26 000 km² est le cinquième Bassin de l'Algérie, L'altitude des sommets d'El-Hodna diminuant de l'Est à l'Ouest. Ils oscillent entre 1000 et 1900 m, tandis que dans le Sud seulement quelques sommets de l'Atlas saharien atteignent 1200 m. La situation de ce bassin entre deux ensembles de montagnes du nord et du sud, organise comme un bassin endoréique autour d'un bol plat de 400 m d'altitude (HASBAIA *et al.* 2012).

Au centre de cette région, le lac salé nommé «Chott El-Hodna» (1150 km²), elle reçoit l'eau et les sédiments de l'ensemble des oueds de la région.

Le bassin versant d'El-Hodna est divisé en 23 sous-bassins, le 24ème et le centre du Chott El-Hodna. Cependant, ces sous-bassins peuvent être regroupés en 08 Sous-bassins hydrographiques (HASBAIA *et al.*, 2012) .

Le bassin versant d'El-Hodna hydrologiquement fermé, correspond à une dépression comme il en existe sur les hauts plateaux d'Afrique du nord. C'est cependant un bassin qui n'est pas fermé dans le sens hydrogéologique, il est en communication vers l'Ouest avec le bassin du «Chott de Zehrez Chergui à Djelfa », et vers le sud avec l'immense bassin du continental intercalaire saharien (BOUMEZBEUR, 2).

II.2. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 26 000 km² est le cinquième grand bassin de l'Algérie (Figure 1), Il est situé à 150 km à vol d'oiseau au sud de la côte méditerranéenne (Golf de Bejaïa). L'altitude des sommets des monts du Hodna diminuant d'est en ouest oscille entre 1900 et 1000 m, tandis qu'au Sud quelques sommets situés dans l'atlas saharien atteignent 1200 m. La situation du bassin du Hodna entre deux séries de montagnes au nord et au sud organise le bassin autour d'une cuvette fermée presque plate à 400 m d'altitude, et qui reçoit l'écoulement des eaux superficielles de la région. Au centre de cette cuvette, le chott El Hodna a une superficie de 1 150 km². Il est divisé en 8 grands sous bassins : (El ham (6187km²), K'sob (3641km²), Barika (3823km²), Boussaâda (2953,7km²), M'sif (5321km²), El leham (638,6km²), Lougman (337km²), Soubella (1838,7km²)). Le bassin est équipé de sept stations hydrométriques et 38 stations pluviométriques dont les données couvrent une période de 31 ans de 1973 à 2004, les stations pluviométrique ne sont pas toutes en bon état, elles présentent, relativement, beaucoup des lacunes. Autour les principaux oueds le Hodna peut être découpé en 8 sous bassins versant : El ham, El lahm, Lougman, K'sob, soubella, Barika, Boussada, M'sif (HASBAIA *et al.*, 2012).

II.3. Situation géographique du bassin versant Hodna

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 25 856 km² est le cinquième grand bassin de l'Algérie. Il est situé dans la partie Nord de l'Algérie entre les longitudes 3°9'24 "et 6°26'17" et les de 34°29'22"et 36°16'37"de latitude (Fig.1).Il couvre une superficie de 26000 km² et il touche les 7 wilayas, à savoir : la wilaya de M'silla, Batna, BBA, Djelfa et Médéa, Bouira et Sétif. Il est limité au nord par les montages de Bibans et le plateau Sétifien, à l'Ouest par les hautes plaines algéroises, tandis qu'au sud et à l'Est, il est limité par l'Atlas saharien. Les limites de zone d'étude est :

- Au Nord, par le bassin de Soummam.
- Au Sud et Sud-est, par le bassin versant de chott Melrhir.
- À l'Est, par le bassin versant des Hauts plateaux Constantinois.
- À l'Ouest, par le bassin versant de Chleff et de Zahrez a Djelfa.

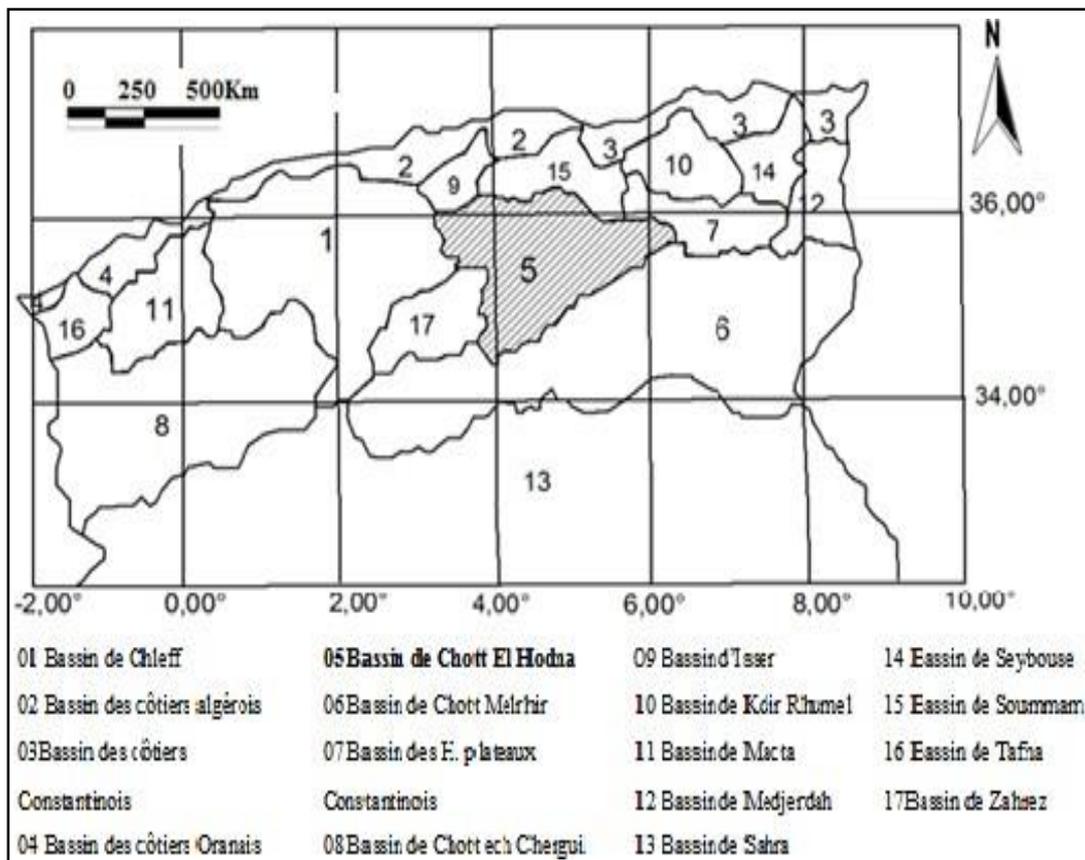


Figure II.1. Situation de bassin versant du Hodna dans l'ensemble des Bassins Versants Algériens (ANRH,2018).

II.3.1. Le relief

Relief du bassin est caractérisé par des séries de montagnes au nord et au sud autour d'une dépression naturelle dite Chott El Hodna presque plate d'une altitude de 400 m et d'une superficie de 1150 km² (Kebiche, 1994).

II.3.2. Les montagnes

Au Nord et à l'Est les limites sont très nettes où le contact avec le massif de Ouennougha, les monts du Hodna et du Belezma se fait toujours par une rupture marquée. Cette barrière forme un véritable écran montagneux dont l'altitude varie entre 1400 et 2000m (dj Maadid 1863 m, dj Tachrirt 1902 m et dj Tichao 2141 m) de par leur vigueur. Ces reliefs comme on le verra plus loin, jouent un rôle important de point de vue hydrologique et climatique en réduisant les influences maritimes. Au Sud et à l'Ouest, le cadre montagneux est nettement plus confus et d'altitude plus élevée et correspond à la retombée Nord de l'Atlas saharien il est représenté dans sa version Nord-est et Nord-Ouest par Djebel Fernane 1675 m Djebel Tsegna.

II.3.3. Le piémont

Appelé **Djerr**, entre 500 à 700 m transitions entre la montagne et la plaine allongée Ouest- Est. Au Nord, il est assez large et se constitue en forme de grands paliers correspondant à des Niveaux de glacis qui sont profondément entaillés par une série d'Oueds qui descendent des Djebels septentrionaux. Le piémont Sud, beaucoup moins étendu, est plat et encombré d'accumulation de sable.

II.3.4. Chott El Hodna (Sebkha)

Appelé aussi la «niche des oiseaux migrateurs», Vaste surface d'épandage des eaux de crues 1150 km², situées au cœur de bassin Hodna de forme presque elliptique se trouve au centre de la plaine. C'est une étendue argileuse, absolument plane et fortement salée où toute végétation est absente.

II.4. Géologie

La géologie du Hodna est assez complexe en raison de la position de la cuvette au contact des atlas tellien et Saharien. Le substratum géologique, outre son importance dans le façonnement du relief, joue un rôle essentiel dans la distribution des sols comme matériaux originaux des sols (roche mer).

Le bâti géologique du Hodna comporte des formations d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire (**Zeroual, 2016**). La description lithologique du Hodna est obtenue essentiellement des travaux de Savorin (1920) et d'Emberger (1964) où on distingue :

II.4.1. Le trais

Dans les régions qui entourent la dépression du Hodna où les affleurements triasique sont assez nombreux mais n'apparaissent qu'en certains points du bassin ; ils sont présentés principalement par des argiles, marnes et minéraux de néoformation, des lambeaux calcarodolomique, ainsi que des roches volcaniques.

II.4.2. Le jurassique et le carbonate : Occupants des surfaces réduites du bassin.

II.4.3. Le crétacé

Le crétacé inférieur présente une alternance de faciès marne-gréseux et argilo gréseux de fortes épaisseurs.

II.4.4. Le Paléocène

Il présente en deux types de formation :

- **Formation autochtones :** Représentées par l'éocène de faciès marnes et gypses à passées jaunâtre due à l'alternance de la pyrite.

- **Formations allochtones :** Qui sont les terrains argilo-marne-gypseux d'âge éocène et oligocène emballées de façon anarchique au miocène.

II.4.5. Le néogène :

Il occupe une grande superficie du Hodna d'âge miocène inférieur et moyenne (marnes gris) et pliocène (plaine de M'sila).

II.4.6. Le quaternaire

C'est l'âge pendant lequel ont été formés les chotts salés des hauts plateaux et de Sahara. Le quaternaire ancien est représenté par des dalles calcaires conglomératique surmontant localement des argiles sableuses roses.

La structure tectonique actuelle des monts du Hodna, c'est formée au cours de diverses phases tectoniques du système alpin de l'aire anticlinale de Meharga (sud de chott), avec orientation Est-West (épandages dépassant rarement 30°) (Zeroual, 2016).

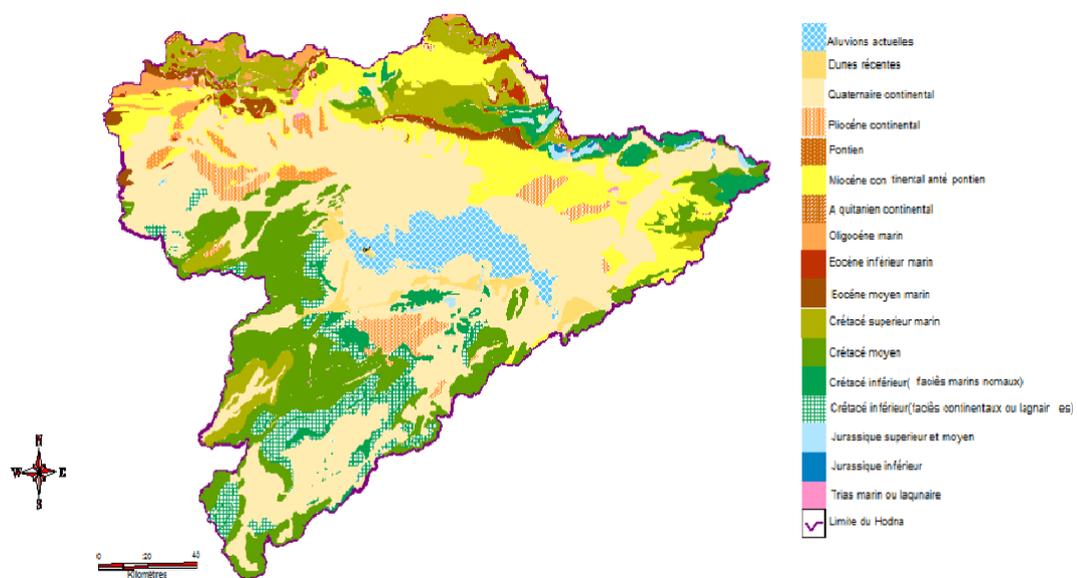


Figure II.2. Géologie du bassin versant du Hodna.

II.4. Sols (pédologie)

Les sols salés ont une grande extension dans les pays du Maghreb. Ils sont dus aux conditions sèches ou semi-arides d'une grande partie de cette région où les possibilités d'évaporation sont considérables et les précipitations pluviales limitées, à présence fréquente de dépôts géologiques salifères et de nappes phréatiques salées (Aubert, 1976).

Les sols, en majorité sableux, présentent des caractères salins, calcaires ou gypseux ou soumis à l'effet de la nappe phréatique ou à l'érosion éolienne. D'une manière générale, à cause de leur texture et leur faible teneur en matière organique, le niveau de fertilité est faible (faible capacité d'échange cationique et de rétention en eau) ; le recours à la fertilisation et aux amendements organiques est indispensable pour assurer des rendements acceptables.

le chott entourant la sebkha et la sebkha elle-même portent des sols à accumulations gypso-salines de nappe qui deviennent franchement salines dans la sebkha (chlorure de sodium) ; leur conductivité électrique est très élevée. Au sud du chott, la situation est toute autre. La partie centrale a été et est fortement influencée par des apports massifs de sables éoliens (R'Mel) formant des sols minéraux bruts auxquels succèdent les glacis encroûtés comparables à ceux du nord La carte pédologique du Hodna (Boyadgiev, 1975) présente les types de sols suivants :

- Sols bruns calcaires en association avec régosols et lithosols.
- Sols minéraux bruts et sols peu évolués régosoliques.
- Sols peu évolués d'apport alluvial.
- Sols peu évolués d'apport alluvial : (Peu steppisés -Callimorphes.- Hydro morphes).
- Sols peu évolués halomorphes.
- Sols sodiques.
- Sols très fortement à excessivement salins.
- Sols minéraux bruts xériques inorganisés d'apport.
- Sols peu évolués d'apport éolien.
- Sols sur croûte et encroûtement calcaire.
- Sols minéraux bruts d'érosion.

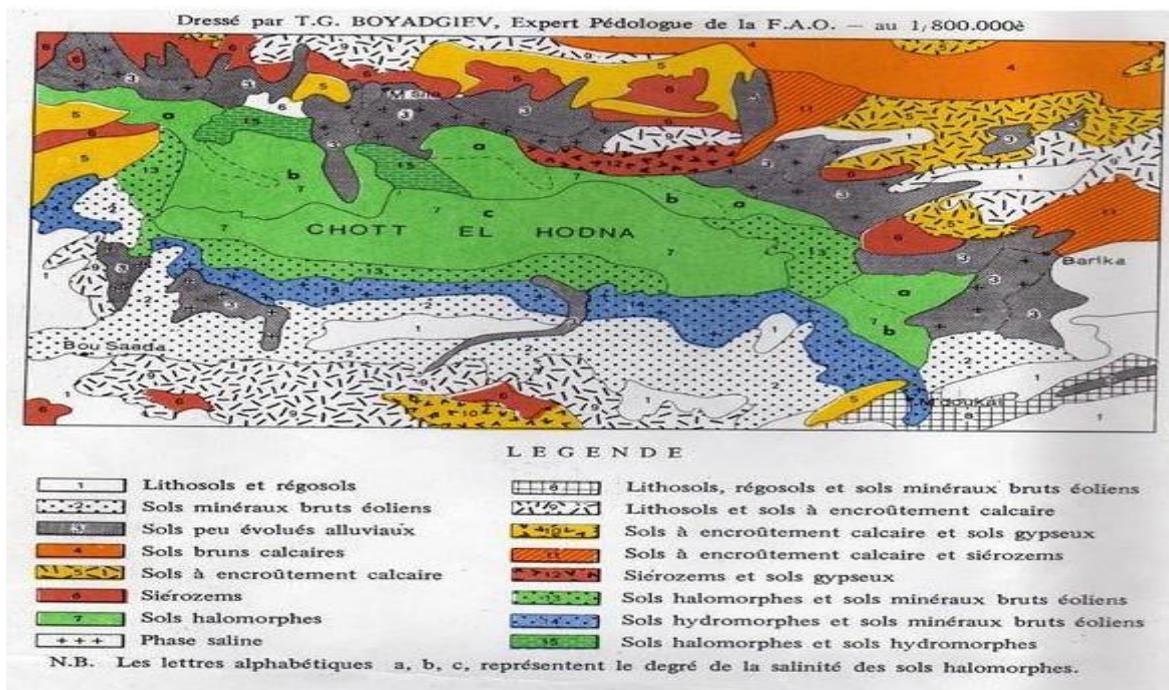


Figure II.3. Pédologie de la région du Hodna (Boyadgiev, 1975).

II.5. Le climat de la région

C'est l'ensemble des conditions météorologiques du bassin du Hodna, caractérisé par plusieurs paramètres climatiques : la pluviométrie, la température, le vent et l'humidité.

II.5.1. Pluviométrie

Est le facteur générateur de l'écoulement, son analyse nécessite tout d'abord la connaissance de l'état du réseau de mesure et de collecte de données.

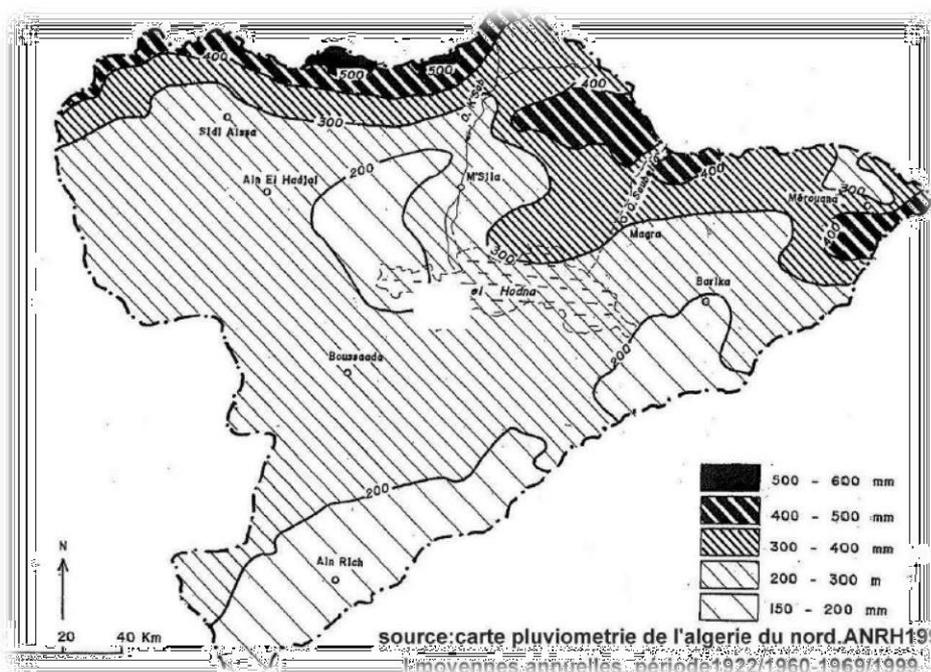


Figure II.4. Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna.

II.5.2. Température

C'est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. Il est lié essentiellement à l'altitude et les conditions locales. Dans le bassin de Hodna les températures maximales moyennes suivent en général une répartition géographique : en plaine entre 24°C et 27 °C, dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude entre 19°C et 21°C. Les températures minimales moyennes varient entre 9°C et 12°C et entre 6°C et 9°C en plaine et en altitude respectivement. Le gradient thermique annuelle en fonction de l'altitude est de 0,75°C pour une augmentation de 100 m d'altitude, comparé au gradient moyen admis en Algérie qui est de 0,55°C/100m (Bouthelja, 2005).

II.5.3. Le vent :

C'est un facteur favorisant l'évaporation, il transporte les couches d'air saturées qui sont près des surfaces de l'eau ou des sols pour être remplacées par des couches d'air plus au moins sec.

Les vents dominants sont ceux de l'ouest et du nord-ouest, ils sont fréquents pendant la période hivernale, et relayés par les vents du sud (sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, août) avec un nombre de jours variant entre 25 et 34 par ans (Bouthelja, 2005).

D'après les données des deux stations climatiques de l'Office Nationale de Météorologie, à Ghazel (M'sila) et à Bordj Bou Arreridj, c'est dans la période allant d'avril à août que les moyennes mensuelles sont les plus élevées, avec des valeurs supérieures à 4,5 m/s à M'sila et 3 m/s à BBA. Les écarts entre les vitesses moyennes mensuelles, en plus de la moyenne annuelle (4.32 et 2.95 m/s) à M'sila sont plus importants qu'à BBA (Grine, 2009).

II.5.4. Humidité :

L'humidité de l'air joue un rôle dans l'évaporation. Plus l'air n'est moins humide, il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. Le bassin du Hodna est caractérisé par un climat méditerranéen semi-aride. Une pluviométrie d'automne, d'hiver et de printemps avec une fréquence d'averses printanières qui engendrent des crues violentes quelque fois accompagnées de grêle. Une sécheresse d'été marquée avec une irrégularité des précipitations dans l'espace et dans le temps (Bouthelja, 2005).

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 400 mm au Nord et de 200 mm au Sud.
- Les températures maximales moyennes oscillent entre 24°C et 27°C en plaine, 19°C et 21°C dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude.
- Les températures minimales moyennes varient entre 9°C et 12°C en plaine, 6°C et 9°C dans les zones d'altitude.

- L'évapotranspiration potentielle annuelle calculée d'après la formule de Turc varie entre 1085 et 1362 mm ; pour la majeure partie du bassin elle est de 1250 mm environ.
- L'évaporation moyenne annuelle mesurée à la station M'Sila (bac classe A américain) après sa correction pour l'évaporation sur de grande surface libre est de 2120 mm (Hedjazi, 2009).

II.5.6. Couvert végétal

Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante, elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies).

La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans chaque sous bassin versant dépend des caractéristiques physico-géographiques de chaque bassin, des caractéristiques climatiques qui en déroulent et de l'influence de l'action anthropique.

Pour le bassin du Hodna on distingue des superficies forestières dominantes Djebels Messaad (33 814ha), Medjedel (16321ha), Slim (14 916ha), Maadhid (6 448ha), Hammam El Dalaa (16 819ha), Boussaâda (3 739ha) à base de Pin d'Alep et Genévrier de Phénicie.

Des superficies agricoles dans la plaine de M'sila qui propice aux cultures maraîchères (15125ha), aux céréales (741 945ha) et les arbres fruitiers (14 170ha) (Bourenane, 2008).

II.7. Le bilan hydrologique

II.7. 1. Etudes hydro-pluviométriques

Pluviométrie

C'est l'un des paramètre principaux du régime hydraulique, puisque ci le facteur générateur de l'écoulement, son analyse nécessite tout d'abord la connaissance du l'état de réseau de mesure et collecte des données, car c'est la quantité des observation que dépendent les résultats de l'analyse statistique et les conclusion qui en découlent dans ce cas nous étudions les précipitations annuelle et mensuelle des station suivant ; M'sila et Bousaada , ainsi que la variabilités dans le temps . Les valeurs de précipitations de ces station son représenté dans le tableau 1.

Tableau I.1.Données Pluviométriques de la Station Météorologique de M'sila et Boussaâda.

Mois Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
M'sila P (mm)	18 ,94	13,17	14,46	19,68	23,36	9,33	4,25	7,36	24,44	23,9	19,67	19,29	196,87
Boussaâda P (mm)	11,7	8,5	14,2	20,7	13,1	7,8	6,1	5,9	18,1	23,2	9,5	9,3	148,1

SOURCE ; station météorologique de M'sila et Bousaada

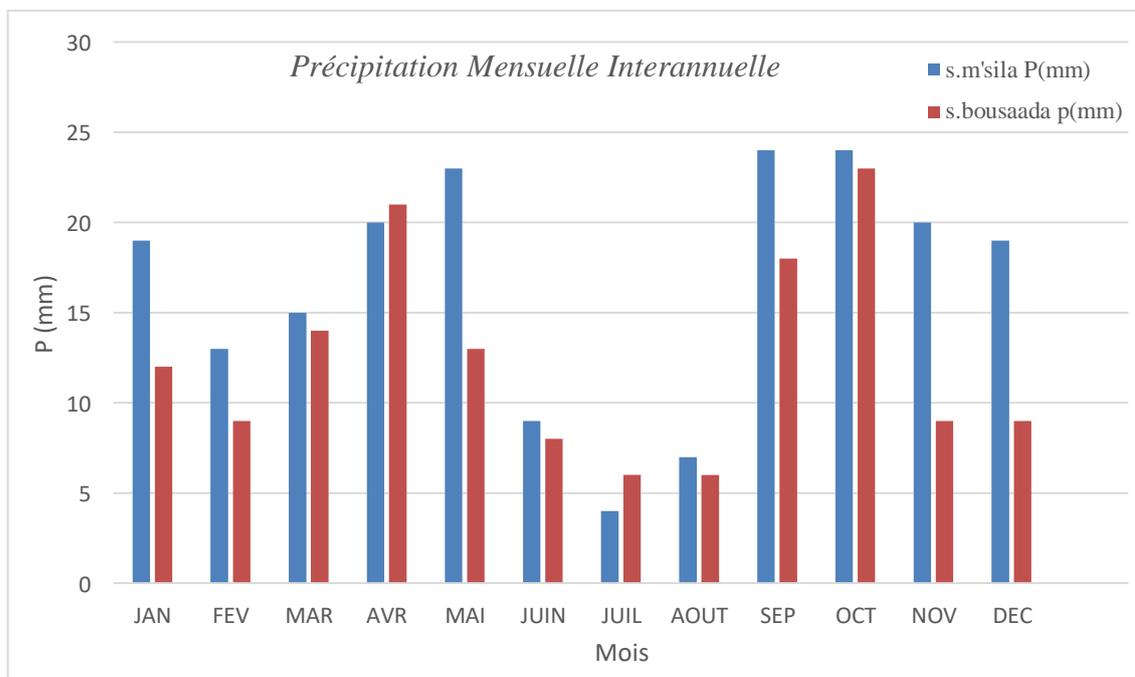


Figure II.5. Précipitations mensuelles, annuelle, moyennes en (mm) de la région de M'sila et Boussaâda durant la période (2008-2017)

Tableau II.2. Données pluviométriques annuelle de la station météorologiques de M'sila et Boussaâda

Années	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
M'sila	171	150,1	121	168	168	202	168	160,8	150,8	138
Boussaâda	130 ,5	209	163,9	245,4	109,3	137,7	87,7	143,6	152,6	107,6

SOURCE : station météorologique de m'sila et Boussaâda

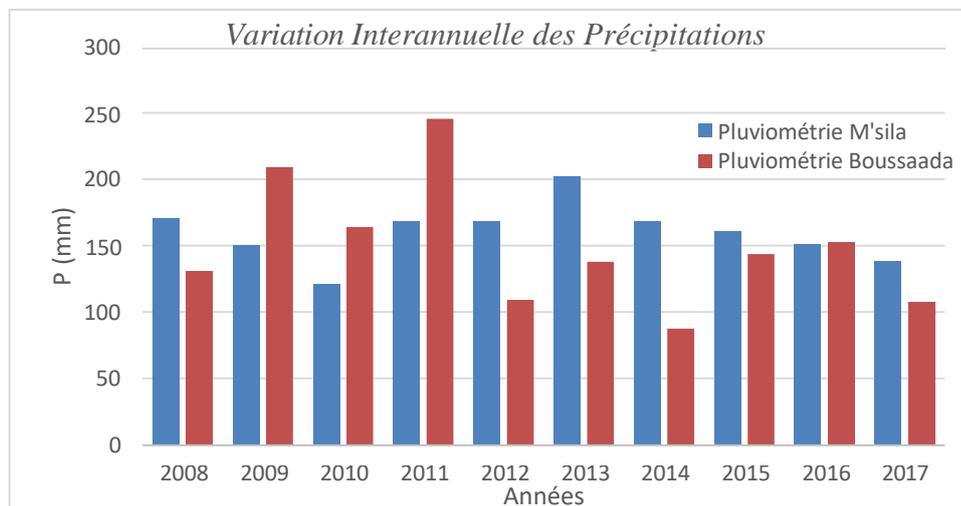


Figure II.6. Variabilité dans le temps des précipitations en (mm- an) entre les deux stations.

Tableau II.3. Caractéristiques du bassin versant du Hodna

	El ham	Leham	Lougman	K'sob	Soubella	Barika	Boussaâda	M'cif
Superficie du bassin versant (A)	Km ²	6187	638,6	337	3641	183,87	3823	2953,7
Altitude maximale (H _{max})	m	1818	1239	1713	1882	1862	2200	1600
Altitude minimale (H _{moy})	m	422	377	533	366	375	200	400
La pente moyenne (I _{moy})	%	7,19	5,45	12,2	11,2	10,68	11,67	14,49
La densité de drainage (D _d)	Km/k m ²	0,284	0,248	0,3	0,29	0,294	0,3	0,208
La densité hydrographique (F)	km ⁻²	0,034	0,022	0,02	0,02	0,027	0,03	0,021
Le temps de concentration (T _c)	heure	31,01	4,56	7,88	13,36	6,30	14,82	11,35
Vitesse de ruissellement (V _r)	km/h	Param être	4,90	6,30	5,08	4,63	5,38	4,44

II.8. Conclusion

Le bassin Hodna est situé à l'extrême des hauts- plateaux s'étend sur 220 km de long et 90 km de large, est coincé entre deux formations montagneuses atteignant 1800 à 1900m d'altitude au Nord et 600m à 900m au sud. C'est un bassin fermé qu'il assurée par au moins 22 cours d'eau principaux, aux quels il faut ajouter des sources d'eau douce. Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérise par fortes irrégularités, la majorité des cours d'eau n'ont pas de débits pérennes, a l'exception de quelques oueds comme oued Lougmane, Elham, ksob, Selmane, Berhoum et Soubella, se trouvent localisées dans la partie septentrionale de la région les eaux profonds (nappe captive et phréatique) sont localisées sur le pourtour de chott elle est naturellement constantes et de bonne qualité.

Chapitre III :
Variation
Spatiotemporelle
des Précipitations

III. Introduction

L'étude des précipitations est très importante car la pluie est l'un des processus hydrologiques les plus variables non seulement dans le temps mais aussi dans l'espace en fonction des paramètres régionaux et/ou locaux comme la vitesse du vent ou la topographique (Bouanani, 2005).

L'objet de ce travail est de caractériser par la variation spatiale et temporelle de précipitations moyennes annuelles en bassin versant « El Hodna » pour la période du 1980 au 31 décembre 2010, à travers des données pluviométriques des stations du bassin versant d'EL Hodna. Il s'agit d'interpréter les résultats.

III.1. analyse des précipitations

Les précipitations constituent la variable climatique la plus anciennement utilisée et la plus couramment enregistrée. Pour ces raisons, elles sont précieux indicateurs pour étudier l'évolution de climat. Les données de pluies utilisées dans cette étude appartiennent aux stations météorologiques du réseau de l'Office National de la Météorologie (ONM) et de l'Agence National des Ressources Hydraulique (ANRH) dont les coordonnées géographiques (Ben, 2008).

III.3. Statistiques des données

La statistique appliquée consiste à chercher de l'information dans des données nombreuses obtenues par enquête, sondage, tirage au hasard ou raisonné, à l'aide de ce que l'on appelle un modèle, c'est-à-dire une « représentation mathématique d'un phénomène physique, économique...etc., réaliser afin de pouvoir mieux étudier celui-ci. Le premier tableau représente les statistiques des séries de précipitations des stations dans le bassin versant d'El Hoddna.

Le tableau résume la distribution des pluies moyennes annuelles pour l'ensemble des stations, on remarque que la station Bordj Bou Arreridj dispose la précipitation moyenne annuelle la plus importante et la station Slim la plus faible précipitation dans la période d'étude, donc l'étendu le plus considérable parmi les séries pluviométriques que nous disposant alors une grande variation du régime pluviométrique a connu cette station.

Tableau III.1. Statistique des séries de précipitations des stations dans le bassin versant de Chott El Hoddna.

Nom de Station	Moye (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Ecart-Type (mm)	Coef. d'Asymétrie	Coef. De Variation	Etendu
AIN NESSISSA	217,87	404,9	102	87,047	0,815	2,503	302,9
AIN EL HADJEL	207,52	300,7	112,7	56,056	-0,144	3,702	188
Meida	190,88	337,4	94,2	63,548	0,387	3,004	243,2
SIDI AMEUR	162,94	450,3	84,2	76,066	1,996	2,142	366,1
AIN KHERMANE	165,81	327,6	87,6	60,900	0,843	2,723	240
BORDJ BOUARRERIDJ	364,36	529,7	191,4	92,113	0,217	3,956	338,3
SIDI OUADAH	322,45	528,3	133,7	105,989	-0,001	3,042	394,6
ATTOUTA BARRAGE	145,59	343	73,4	59,864	1,244	2,432	269,6
SLIM	137,04	248,1	48,5	54,514	0,347	2,514	199,6
AIN RICH	132,08	227,7	87,3	41,687	1,055	3,168	140,4
Oued Chair	158,24	332,9	73,2	81,574	0,926	1,940	259,7

III.2. Etude de variation temporelle des pluies

III.2.1. Etude de la tendance du régime pluviométrique

L'étude de la tendance d'une série pluviométrique dans une région donnée, consiste à étudier l'évolution globale de son régime pluviométrique. Cette évolution, négative ou positive, nous indique le type de l'évolution de la série pluviométrique. La tendance est positive si la droite de tendance à une pente positive, ça veut dire que le régime pluviométrique est entrain d'augmenter, et si la pente est négative, ça veut dire que le régime pluviométrique est entrain de diminuer (sécheresse) (Lakhal, 2018).

Toutes les représentations évolutives sont associées à la tendance des précipitations moyennes annuelles des stations du bassin versant d'El Hodna.

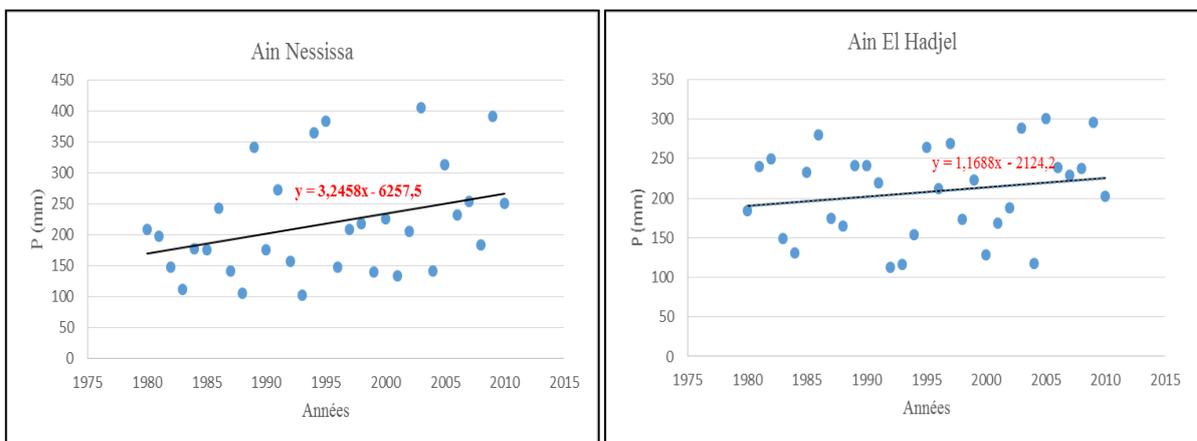


Figure III.1. La tendance des précipitations moyennes annuelles de la station d'Ain Nessissa et Ain El Hadjel.

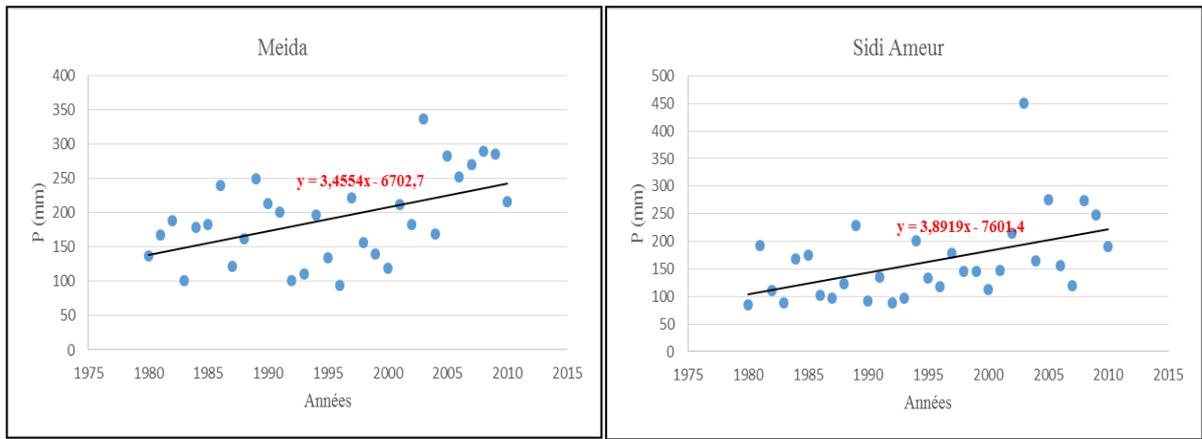


Figure III.2. La tendance des précipitations moyennes annuelles de la station Meida et Sidi Ameur.

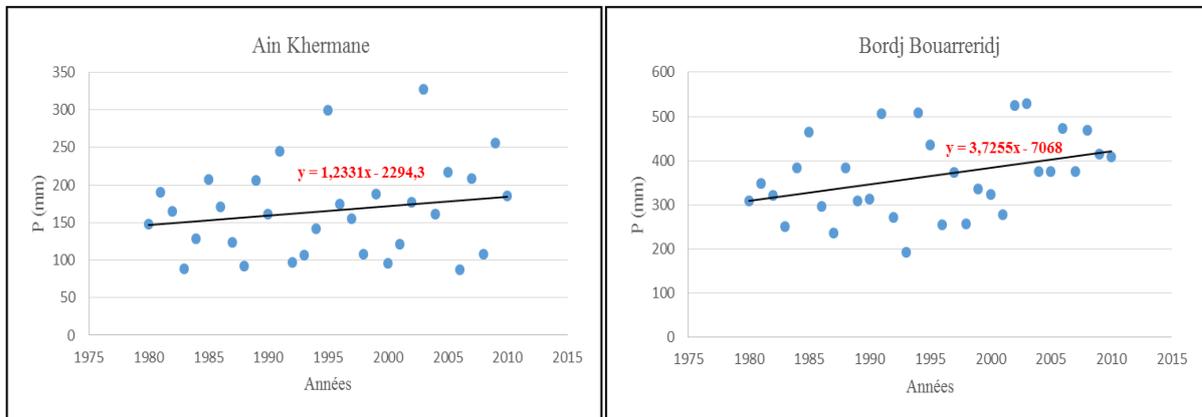


Figure III.3. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Ain Khermane et Bordj Bou Arreridj.

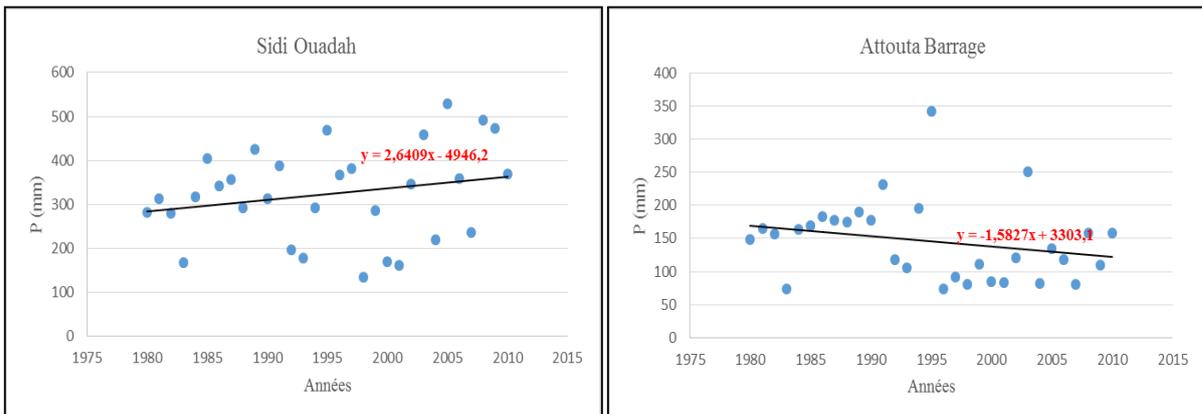


Figure III.4. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station Sidi Ouadah et Attouta barrage.

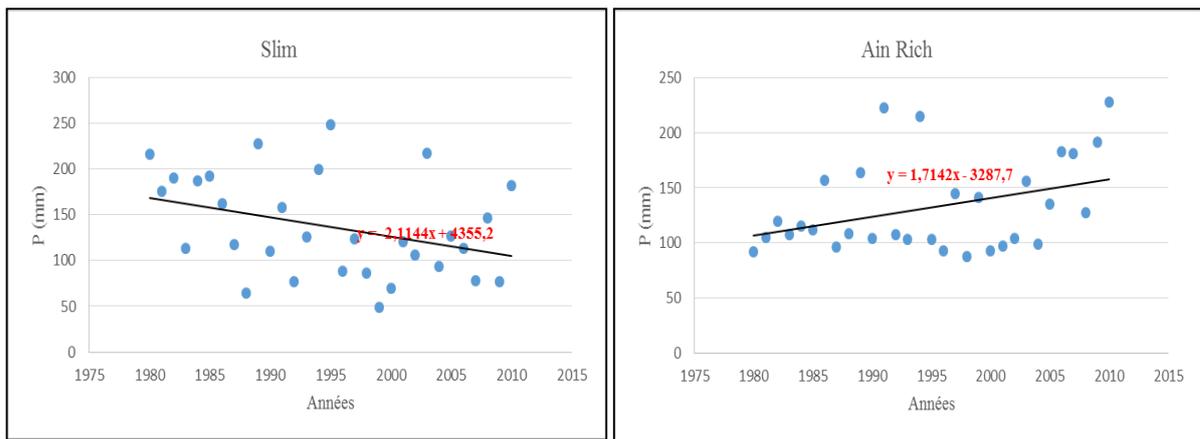


Figure III.5. la tendance des précipitations moyennes annuelles de station Slim et Ain Rich.

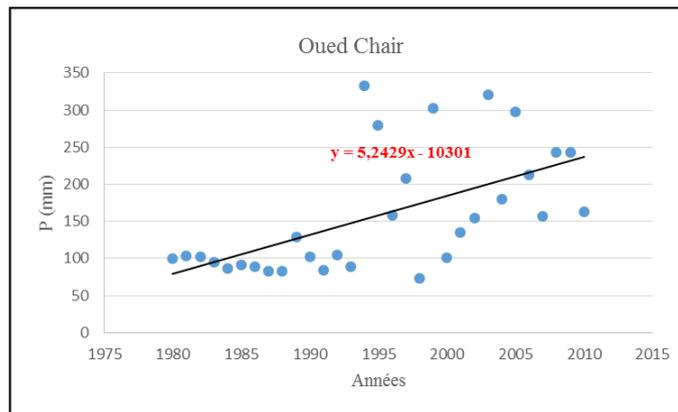


Figure III.6. La tendance des précipitations moyennes annuelles de station de Oued Chair.

D'après toutes les représentations évolutives sont associés à la tendance des précipitations moyennes annuelles des stations du bassin versant d'El Hodna au cours de la période d'étude (1980-2010), on remarque que :

- ✚ Ain Nessissa : représente une augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 3,24.
- ✚ Ain El Hadjel : représente une tendance positive entre 1980 et 2010 avec un coefficient égale à 1,16.
- ✚ Meida : représente une augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 3,45.
- ✚ Sidi Ameer : représente une augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 3,89.
- ✚ Ain Kherrmane : représente une légère augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 par rapport a d'autres station, avec une tendance de 3,72.
- ✚ Bordj Bou Arreridj : cette représente une forte augmentation entre 1980 et 2010 avec un coefficient directeur de 3,72.
- ✚ Sidi Ouadah : Représente une augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 2,64.

- ✚ Attouta Barrage : représente une baisse du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance négative de -1,58.
- ✚ Slim : représente une baisse du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de -2,11.
- ✚ Ain Rich : représente une augmentation du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 1,71.
- ✚ Oued chair : représente une augmentation importante du régime pluviométrique entre 1980 et 2010 avec une tendance de 5,42.

III.4. Variation spatiale des pluies annuelles

La notion de la moyenne pluviométriques estompe la réalité des faits climatiques, notamment en domaine méditerranéen, sa connaissance demeure nécessaire pour aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyen annuel de l'écoulement. Elle permet également de cerner la variabilité des pluies sur de longues périodes d'observation (Bouanani, 2005).

La variation spatiale des précipitations a été analysée à partir des séries des pluies annuelles. Les précipitations annuelles moyennes sur la période commune de 24 ans ont été calculées et analysées.

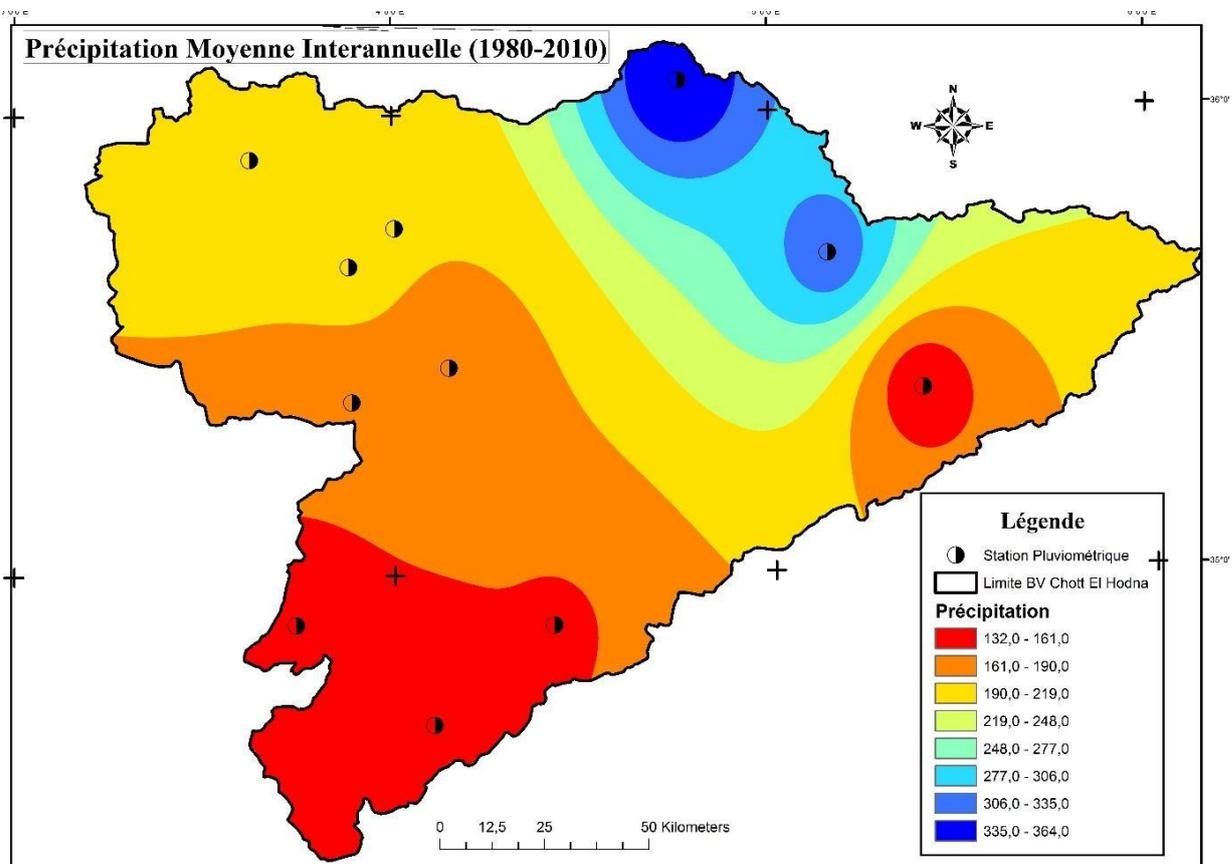


Figure III.7. La variation spatiale de précipitation moyenne interannuelle (1980-2010).

La variation spatiale des précipitations moyennes interannuelles pendant la période 1980-2010, montre que la partie sud est la zone la plus sèche ou les précipitations moyenne annuelles peuvent atteindre 130mm d'environ. La partie la plus pluvieuse se situe au Nord du bassin versant avec une précipitation moyenne annuelle de 360mm d'environ.

La partie Sud du bassin versant d'el Hoddna est

III.6. Conclusion

Dans cette partie nous avons une étude spatiotemporelle de plusieurs stations pluviométriques afin de caractériser la variation spatiotemporelle des précipitations dans le bassin versant d'el Hoddna.

La tendance des séries pluviométriques a montré une tendance positive pour la plupart des séries pluviométriques à l'exception de quelques stations où la tendance est négative (Attouta Barrage et Slim).

La cartographie devient indispensable, dans le cadre de la variabilité spatiale d'un élément hydrologique important comme la précipitation. Cette dernière a montré une grande variabilité entre le Sud où le climat est plus aride et le Nord où le climat est plus humide.

Conclusion générale

Conclusion général

Les principaux phénomènes météorologiques et surtout pluviométriques jouent un rôle considérable sur le plan physique et, par voie de conséquence, sur le plan humain. Mais ils ne sont pas toujours aisés à analyser et cela par suite de la faiblesse du réseau d'observation, de l'inégale valeur des données pluviométriques et de la grande déficience des archives. Cette situation nous oblige d'essayer d'autres solutions pour éclair la relation spatio-temporelle (Lakhal., 2018).

Dans ce travail une étude de variabilité spatio-temporelle des précipitations moyennes annuelles dans le bassin versant de Chott El hoddna, on a présenté les caractéristiques géographiques, géologique, pédologique, le climat de la région et le couvert végétal, nous avons analysé des données climatiques.

Le travail une analyse de l'évolution des précipitations dans la zone de la Chott El Hodna utilisant des séries pluviométriques au cours de la période 1980 à 2010, obtenue à partir de l'ANRH onze stations sont retenues : Ain Nessissa, Ain El hadjel, Meida, Sidi Ameer, Ain Kherrmane, Bordj Bou Arreridj, Sidi Ouadah , Attouta barrage, Slim, Ain Rich et Oued Chair.

Après l'application de l'analyse des séries pluviométriques de 11 stations, et après confirmation des résultats par les graphiques et le tableau, on a finalisé le travail par une note importante que la station Bordj Bou Arreridj très est plus humide avec une précipitation 300mm et 400mm en comparant avec le sud ou les précipitations sont très faibles.

Référence

Bibliographique

Référence bibliographique

Azzi A., (2011). Mémoire de master La tendance générale des pluies dans le nord centre de l'Algérie cas : le bassin versant de la Soummam.

ANRH (1993). Carte pluviométrique de l'Algérie du nord, à l'échelle 1: 500.000 et notice Explicative. ANRH, Algérie.

Aubert G., (1976). Les sols sodiques en Afrique du nord. Ann INA EL Haraach. p6.

Adoui H., (2013). Etude de la variabilité du bassin versant du Hodna aux Inondations. Mémoire de master à l'université de M'sila, p17.

Ben., (2008). Les indices climatiques et leurs significations écologiques en Algérie orientale. Centre Université Constantine.

Bennis S., (2007). Hydraulique et hydrologie, 2^{ème} édition.

Berne A., (2002). Précipitations méditerranéennes intenses en milieu urbain : interprétation physique et analyse statistique de mesures à fines échelles spatio-temporelles, impact de la variabilité spatiale sur la réponse de bassins versants. Université Joseph Fourier.

Brahimi D., (2014). Analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie. Mémoire master université Abou bekr belkaid .Tlemcen Pp28-49.

Benyatou M., et Bouklikha A., (2017). Variation et tendance des températures et des précipitations journalière en Algérie 2017.

Bahroun S., kherici Bousnoubra H., (2011). Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'el taraf (nord-est algérien), larhyss journal , Issn 1112-3680,n°09,décembre 2011,pp171 178.

Boutheldja N., (2005). Contribution à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin Versant du Hodna sous bassins versants du Ksob et de Soubella (Algérie), Thèse de doctorat en Géographie université de la Provence Aix-Marseille. 180p.

Bourenane A., Mechri S., (2008). Contribution à l'étude du transport solide dans le sous Bassin versant de Soubella (Hodna). Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, Université de M'sila.

Bouanani., (2005). Hydrologie, transport solide et modélisation étude de quelques sous bassin de le Tafna. (N-W-Algérie), Doctorat d'état, université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, p250.

- Boyadgiev T. G., (1975).** Les sols du Hodna. Rapport FAO. Algérie 9, Rome. 141 p.
- Belouam., (1976).** Caractéristiques macromorphologiques et micro morphologiques de Quelques sols à accumulation calcaire du Hodna. Annales de l'INA El Harrach Vol.1, pp 47-53.
- Boumezbeur A., (2002).** Atlas de la zone humide Algérienne d'importance international. pp89.
- Dekkiche B., (1974).** contribution à l'étude des sols du hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe. Thèse univ, Gand, Belgique. 210p.
- Daoud y et Dogar A., (1985).**Le régime du potassium dans quelques type de sol du hodna (Algérie).Revue de la potasse, section 4, n°6. p1-7.
- Environnement Canada , (2013).** www.ec.gc.ca/eau-water .
- Hadjazi A., (2009).** Quantification des apports liquides et solides de l'oued El-Ham Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique : option hydraulique urbaine, Université de M'Sila.
- Hasbiaa M et Adoui H., (2012).** Contribution à l'étude du régime des crues dans les Bassin semi-aride algériens, cas du bassin versant du hodna en Algérie. Département de L'hydraulique, Université de M'sila.
- Hubert P., Carbonnel JP., Chaouche A., (1989).** Segmentation des séries hydrométéorologiques : application à des séries de précipitations et de débits en Afrique de l'Ouest. Journal of hydrology .110 :349-367.
- Kebiche M., (1994).** Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement. In: Travaux de l'Institut Géographique de Reims, n°85-86, 1994. Etudes algériennes. pp. 25-34.
- Givoni B., (1978).** L'homme, l'architecture et le climat .Ed le Moniteur, Paris pp21-229.
- Laborde JP., (2009).** Éléments d'hydrologie de surface. École polytechnique de l'université de Nice-Sophia Antipolis p202. Édition 2009.
- Lakhal A., (2018).** Mémoire de master en hydraulique, analyse spatio-temporelle des précipitations dans la zone de la Mitidja. pp34.
- Morell M., (1999).** Acquisition et constitution d'une information hydrologique de base. Édition HGA Bucarest. pp203.
- Medjerab A., Henia L., (2005).** Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, PFE. pp63.

Musy A., Meylan P., (1999). Hydrologie fréquentielle Editions HGA, Bucarest Hongrie.

Michel C., (1989). Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. La Houille Blanche (2), pp113-121.

ONERC., (2007). Stratégie nationale d'adaptions au changement climatique, Paris, ISBN : 987-2-11-00-6618-0.

Roche P.A., (1963). Hydrologie de surface, office de la recherche et technique OUTRE-MER-(Paris), Gauthier-Villars Editeur.

Robinson M., (2002). Hydrologie continentale, Armand colin .Paris pp 368.

Sadou S., Assoumane I.D., (2007). Impacts anthropiques sur le cycle de l'eau vers une approche durable, PFE pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, département d'hydraulique Tlemcen.

Sanchez-Diesma R, I., Zawadski et Semper-torres., (1970). Identification of the bright band through the analysis of volumetric radar data, journal of the atmosphérique sciences 27, pp 299-307.

Vannistem S., Demarée G., (1991). Détection et modélisation des sécheresses au sahel : proposition d'une nouvelle méthodologie. Hydro contient, Vol 6 n 2 p 155-171.

Zeroual, S. (2016). Etude de la sensibilité du sous bassin versant de Ksob a l'érosion Hydrique par une approche quantitative. Mémoire de Master .Filière: Hydraulique, Université de M'Sila. 123p.

