



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Et Ecologie Végétale **قسم :** بيولوجيا و علم البيئة النباتية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Types et régime des précipitations dans la région de Constantine

Présenté et soutenu par :

Bouchemal Hiba.

Cedrati Meriem.

Le : 16/07/2019.

Jury d'évaluation :

Président du jury : Arfa Azzedine Med Toufik

MCB - UFM Constantine 1.

Rapporteur : BENDERRADJI Med El. Habib

Prof - UFM Constantine 1.

Examineurs : ALATOU DJAMEL

PROF - UFM Constantine 1.

*Année universitaire
2018 – 2019*

Remerciement

Grâce à Dieu le tout puissant ce travail a été réalisé.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr benderradji Med el-Habib, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr allatou Djamel et Mr arfa Toufik Azzedine pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A mes chers parents ; pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, et surtout leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères, **DJAMEL**, **TAKI** et **ABOUDI** et **soumia**, **mimi** pour leurs appuis et leurs encouragements,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Hiba

Avec de dieu tout puissant j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie

A mon père **KHOUDJA** et ma mère **SOURIA** le grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec leurs conseils et leurs soutien moral, en espérant que dieu leur donne la santé.

A mes sœurs **SARA** ; **RACHA** et mes frères **BACHIR** ; **YAHIA** et mon fiancé **KHALID**.

A tous ceux qui portent le nom cedrati.

A mes amies.

Merci d'être toujours là pour moi.

Meriem

Résumé :

L'eau constitue, de loin, l'élément le plus abondant de notre planète et la substance essentielle pour les êtres vivants. Le but de ce mémoire est d'analyser le changement des précipitations dans le temps. Ce travail est basé sur l'étude des séries des données pluviométriques de 1984 jusqu'à 2018 à Constantine.

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 d'Ain el bey (ONM), du site espagnol et la carte pluviométrique de Constantine.

Mots clé : indice, la pluviométrie, Constantine.

Summary:

Water is by far the most abundant element of our planet and the essential substance for living beings. The purpose of this thesis is to analyze the change of precipitation over time. This work is based on the study of the series of rainfall data from 1984 to 2018 in Constantine.

Rainfall is the most commonly used and most commonly recorded climatic variable. For these reasons, they are valuable indicators for studying climate change. The rainfall data used in this study belong to the meteorological stations of the network of the National Office of Meteorology of Ain el Bey (ONM), the Spanish site and the rainfall map of Constantine.

Keywords: Index, rainfall, Constantine.

ملخص:

الماء هو إلى حد بعيد العنصر الأكثر وفرة في كوكبنا والمادة الأساسية للكائنات الحية. والغرض من هذه الأطروحة هو تحليل تغير هطول الأمطار مع مرور الوقت. يستند هذا العمل إلى دراسة سلسلة بيانات هطول الأمطار من 1984 إلى 2018 في قسنطينة.

الأمطار هي المتغيرات المناخية الأكثر استخدامًا والأكثر شيوعًا. لهذه الأسباب، فهي مؤشرات قيمة لدراسة تغير المناخ. تنتمي بيانات هطول الأمطار المستخدمة في هذه الدراسة إلى محطات الأرصاد الجوية التابعة لشبكة المكتب الوطني للأرصاد الجوية في عين الباي (ONM) والموقع الإسباني وخريطة هطول الأمطار في قسنطينة.

الكلمات المفتاحية: مؤشر. قسنطينة. هطول الامطار.

Table des illustrations

Liste des figures

Figure. 1 .Les différentes phases Du système convectif.....	5
Figure.2.Précipitation orographiques	6
Figure .3. Front chaud et froid.....	7
Figure .4. Nuage et précipitations associés à un front chaud et froid	7
Figure. 5. Répartition mondiale des précipitations.....	9
Figure 6 : imites géographique.....	16
Figure 7 : Unités géométrique de l'oued Rhumel.....	17
Figure 8 : La morphologie des lits de l'oued Bou merzoug.....	18
Figure 9 : Risque d'inondation dans la vallée de l'oued Rhumel	21
Figure 10 : Risque d'inondation de l'oued Bou merzoug.....	21
Figure 11 : Risque d'inondation dans la vallée de l'oued Rhumel-bardo.....	22
Figure12: Carte pluviométrique de Constantine	24
Figure 13 : Inondation de l'oued Rhumel.....	26
Figure 14: Histogramme des précipitations annuelles de Constantine (1984/2018).	31
Figure 15 : le cumul des précipitations mensuelles de la station de Constantine 2008/2018.	32
Figure 16 : les précipitations saisonnières (2008/2018).....	33

Liste des photos :

Photo 1 : Oued rhumel avant les travaux de calibrage	20
Photo 2 : Oued rhumel après les travaux de calibrage.....	20
Photo3 : Oued boumerzoug avant les travaux de calibrage.....	13
Photo 4 : Oued boumerzoug après les travaux de calibrage.....	13

Liste des tableaux

Tableau.1. Régimes pluviométriques du monde.....	11
Tableau 2 : échelles d'appréciation de la concentration des pluies selon PCI.....	24
Tableau 3 : échelles d'appréciation de l'agressivité des pluies par l'indice de fournier.	28
Tableau 4 : Les précipitations annuelles à Constantine (1975/2004).....	29
Tableau 5 : Précipitation moyennes annuelles de Constantine (1984/2018).....	30

Tableau 6 : Précipitations moyennes mensuelles à Constantine (2008/2018)	31
Tableau 7 : précipitations moyennes saisonnières de Constantine (2008/2018).....	33
Tableau 8 : calcul de ICP.....	33
Tableau 9 : calcul de IFM	34

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre1 : synthèse BIBLIOGRAPHIQUES

1 .Précipitations :	3
2. origine de Précipitation :	3
• 2.1. Formation des précipitations :	3
3. Les différents types des précipitations:.....	4
• 3.1. Précipitation de convection :	5
• 3.2. Précipitation orographiques :	5
• 3.3. Précipitation cycloniques :	6
4. Répartition de précipitation :	7
4 .1. Inégale répartition dans l'espace :	8
4.1.1. À l'échelle du globe :	8
4. 1.2. À l'échelle régionale :	8
4.1.3. À l'échelle locale :	9
5. L'inégale répartition des pluies dans le temps :	9
5.1. Variations aléatoires :	10
5.2. Variations périodiques :	10
5.3. Variation séculaire :	10
6. Régime des précipitations :	11
7. Influence de l'altitude :	12
8 .L'agressivité de la pluie :	8

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

1. Situation géographique	15
2. Approche géomorphologique	16
2.1 La morphologie fluviale de la vallée du Rhumel.....	17
2.2 La morphologie fluviale de la vallée du Bou merzoug	19
2.3 Les risques d'inondations et leurs effets.....	20
A/ occupation du sol.....	20
3. Climat	23
4. Carte pluviométrique de Constantine	24
5. Les inondations liées au type de précipitations torrentielles.....	25
5.1 les inondations à Constantine en 2018.....	26
6. Matériels et méthodes	27
6.1 L'indice de concentration des pluies.....	27
6.2 Indice d'agressivité.....	28

Chapitre 3 Résultats et discussions

1. Etude des précipitations.....	30
1.1 analyse des précipitations annuelles de la station de Constantine (1984/2018)..	30
1.2 étude des précipitations mensuelles de la station de Constantine (2008/2018).	31
1.3 les précipitations saisonnières de station de Zouaghi (2008/2018)....	32
2. Calcul de la concentration des précipitations.....	33
3. calcul de l'indice de IFM.....	34
4. discussion	34
Conclusion générale	36

Introduction :

Aujourd'hui, les questions du changement climatique font l'objet d'une attention considérable de la part de divers chercheurs du monde entier. L'effet du réchauffement climatique ne fait qu'augmenter par l'apparition de phénomènes météorologiques extrêmes (par exemple, les inondations, la sécheresse, la tempête de pluie)

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations.

Les précipitations représentent l'élément le plus important du climat tant pour les êtres vivants que pour les milieux. Tant de raisons font que la majorité des études et les analyses s'appuient sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Toutes les ressources en eaux superficielles ou souterraines sont conditionnées par les précipitations. L'analyse de la variabilité pluviométrique est très importante pour la prévision, la gestion des ressources en eau.

Cette étude basée sur les données de précipitations moyennes annuelles et mensuelles fournies par l'office national de météorologie de Constantine (ONM) et du site espagnol (tutiempo), relative à une période allant de 1984 à 2018.

L'objectif de cette étude est de fournir aux agents utilisateurs des ressources en eau l'outil permet de contrôler les variations des précipitations au niveau de la ville, et de quantifier les précipitations torrentielles qui induit aux inondations.

Pour ce faire, nous faisons appel aux méthodes graphiques, et les indices climatiques

Pour atteindre cet objectif nous avons subdivisé le travail en trois chapitres :

- La première partie, aura pour objet principal d'impliquer le lecteur de ce document dans le sujet, à travers une étude bibliographique.
- La deuxième partie, exposera dans le détail, toute la zone d'étude et ses caractéristiques. La Situation géographique, Carte pluviométrique de Constantine, Les inondations liées aux types de précipitations torrentielles, les inondations à Constantine en 2018. L'indice de concentration des pluies. Indice d'agressivité.

- La troisième partie, mettra en valeur la discussion et l'analyse des résultats concernant l'évolution des précipitations au cours des 34 dernières années.

Chapitre 1

Synthèse

bibliographique

1. Les précipitations :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) ou sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...).

2. 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 S, Assoumane I.D.2007).

2.1 Formation des précipitations :

La pluie résulte d'un ensemble de phénomènes complexes. Ces phénomènes amènent les gouttelettes d'eau des nuages séparées les unes des autres d'une distance moyenne de 1mm à se condenser à une vitesse moyenne de 1cm/s, permettant d'accueillir un volume supérieur de million de fois à volume original.

La saturation est une condition essentielle à tout déclenchement de la condensation. Divers processus thermodynamiques sont susceptibles de réaliser la saturation des particules atmosphériques initialement non saturées et de provoquer leur condensation :

- Saturation et condensation par refroidissement isobare (à pression constante)
- Saturation et condensation par apport de vapeur d'eau

- Saturation et condensation par détente adiabatique
- Saturation par mélange et turbulence

Cependant, la saturation n'est pas une condition suffisante à la condensation. Cette dernière requiert également la présence de noyaux de condensation (impuretés en suspension dans l'atmosphère d'origines variées-suie volcanique, cristaux de sable, cristaux de sel marin, combustions industrielles, pollution). lorsque les deux conditions sont réunies, la condensation intervient sur les noyaux. Il y a alors apparition de gouttelettes microscopiques qui grossissent à mesure que se poursuit l'ascendance, celle-ci étant le plus souvent la cause génératrice de la saturation. Les noyaux de condensation jouent en fait un rôle de catalyseur pour la formation de gouttelettes d'eau.

Pour qu'il y ait précipitation, il faut encore que les gouttelettes ou les cristaux composant les nuages (les hydrométéores) arrivent à se transformer en gouttes de pluie. Ce phénomène est lié à l'accroissement de ces éléments dont la masse devient suffisante pour vaincre les forces d'agitation. Ce grossissement peut s'expliquer par les deux processus suivant :

Du fait de la dispersion des vitesses, le cristal en se déplaçant, soit en chute libre, soit par turbulence, entre en collision avec les gouttelettes surfondues. La congélation de celles-ci augmente le volume du cristal. Il en est de même pour les gouttelettes de diamètre supérieur à 30 microns qui entrent en collision avec des gouttelettes de diamètre inférieur.

Ce processus provoque un accroissement rapide de leur dimension et donc de leur masse ce que augmentant leur vitesse de chute.

L'effet Bergeron. Dans la partie du nuage où la température est négative mais supérieure à 40°C , coexistent des cristaux de glace et des gouttelettes d'eau surfondues (eau liquide avec une $T < 0^{\circ}\text{C}$, l'eau pure ne se solidifie pas à 0°C mais en dessous de 40°C). Autour d'un cristal de glace, l'air est saturé à un taux d'humidité plus bas qu'autour d'une gouttelette d'eau surfondue. Suite à cette différence d'humidité, il apparaît un transfert de la vapeur d'eau des gouttelettes vers les cristaux. Par conséquent, les gouttelettes s'évaporent tandis qu'il y a condensation autour des cristaux. Lorsque la masse du cristal est suffisante, il précipite. S'il traverse une région à température positive suffisamment épaisse (souvent à partir de 300 m dans les nuages stables) et si la durée de chute le permet, il fond et donne lieu à de la pluie. Le même processus de grossissement a lieu entre deux gouttelettes à des températures différentes (la plus froide grossit au détriment de la plus chaude) (Sadou S, Assoumane I. D .2007).

3. Type des précipitations :

En hydrologie, on ne s'intéresse pas particulièrement à la connaissance des phénomènes engendrant la formation des précipitations. Ce type de connaissance est du domaine de la météorologie. Les précipitations constituent la donnée de base qui sert de point de départ pour le dimensionnement, la réhabilitation et la gestion en temps en réel d'un système hydrique aussi bien en milieu urbain que rural (Bennis S.1957)

On peut classer les précipitations en trois types :

3.1 Précipitations de convections :

Le système convectif apparaît lorsque deux masses d'air de températures différentes entre en contact et plus particulièrement une masse d'air froide recouvre un sol plus ou moins 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 il 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.1 (Roche M 1963, Sanchez-diesma R .Zawadski).

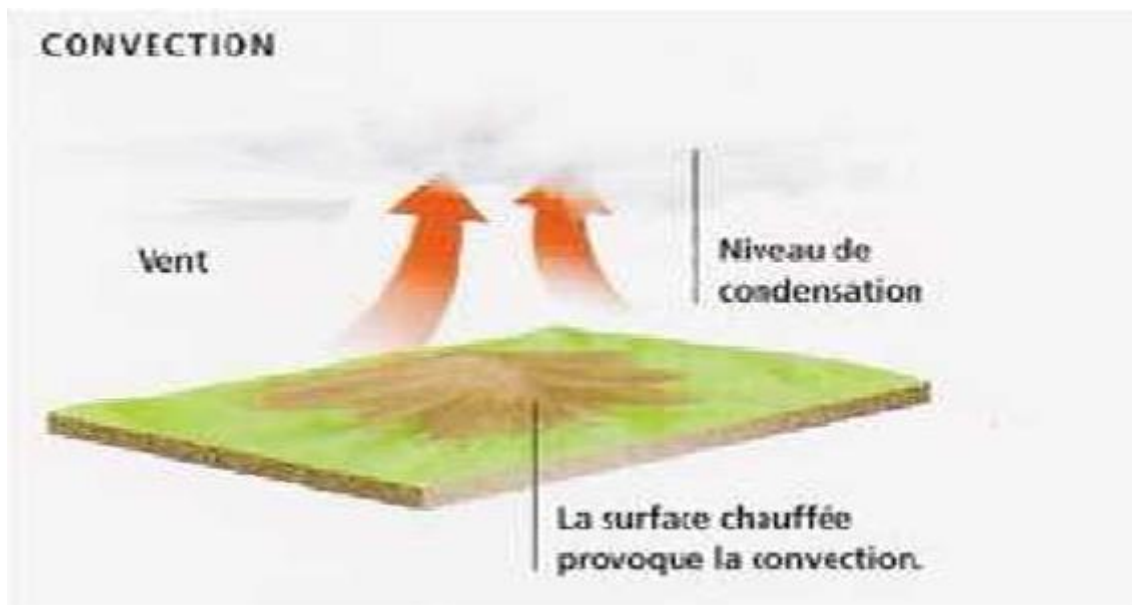


Figure 1. Les différentes phases Du système convectif (Roche M 1963).

3.2 Précipitation orographiques :

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 (figure2) Ce type de système est relié aux perturbations cycloniques. (Roche M 1963)

Les précipitations, d'intensité et d'extension 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 voire nulle lorsqu'elle descend sur le versant sous le vent.

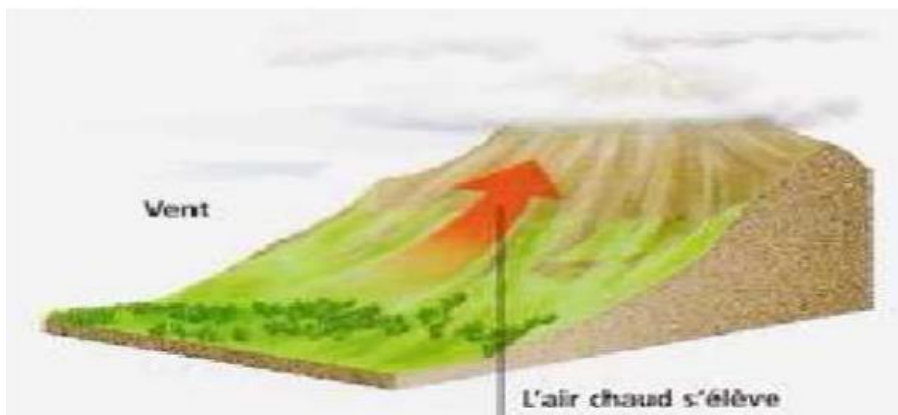


Figure.2.Précipitation orographiques (Roche. M 1963).

3.3 Précipitation cycloniques :

Sont les précipitations engendrées 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 froide. Suivant que la masse d'air chaude suive ou précède la masse d'air froide on trouve un front chaud ou froid. (Figure 3).

Dans le cas d'un front froid, les nages ont un développement vertical important et les précipitations sont intenses. Dans le cas d'un front chaud, les nuages ont une extension horizontale importante et les précipitations sont plus faibles que pour le front froid.la figure .4 illustre ces deux cas (Morei. M, 1999).

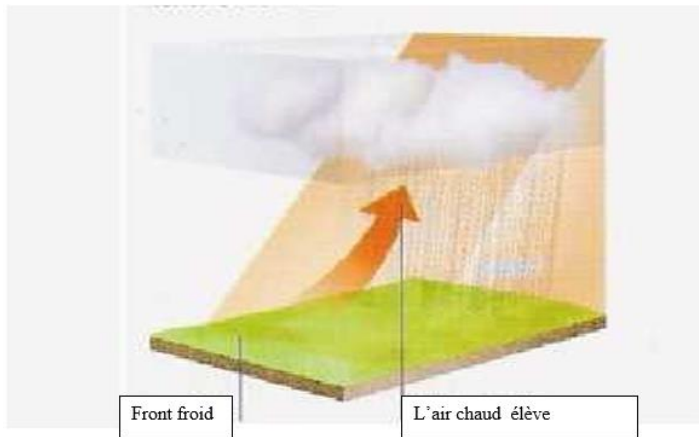


Figure .3. Front chaud et froid (Berne .A, 2002).

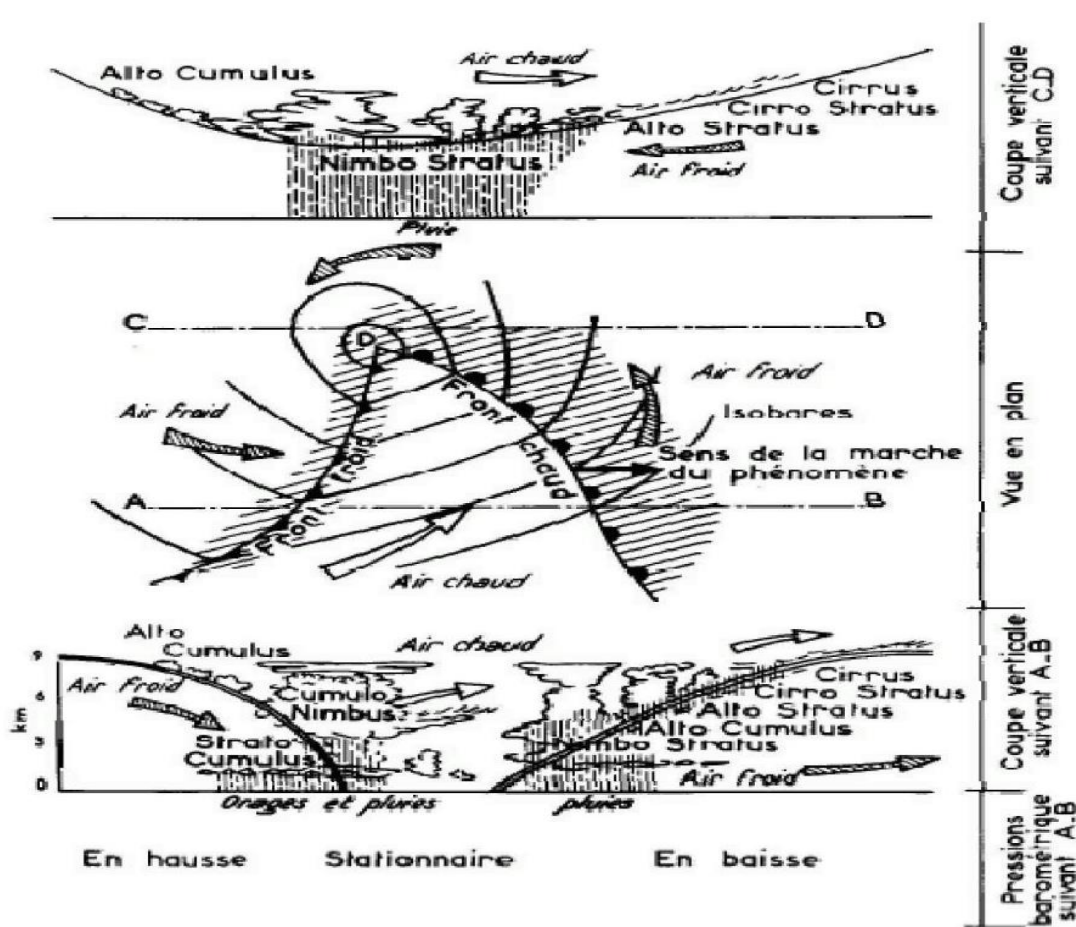


Figure .4. Nuage et précipitations associés à un front chaud et froid (Berne. A, 2002).

4. Répartition de précipitation :

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

4.1 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.

4.1.1 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 25mm. Cette valeur diminue régulièrement de l'équateur au pôle, et d'été en hiver, en relation avec la quantité de la 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 pourtant 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 5).

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 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.

4.1.2 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 localisées 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 (Medjerah A, Henia I, 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 S , Kherici B , 2011).

4.1.3. À l'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 M. 2000).

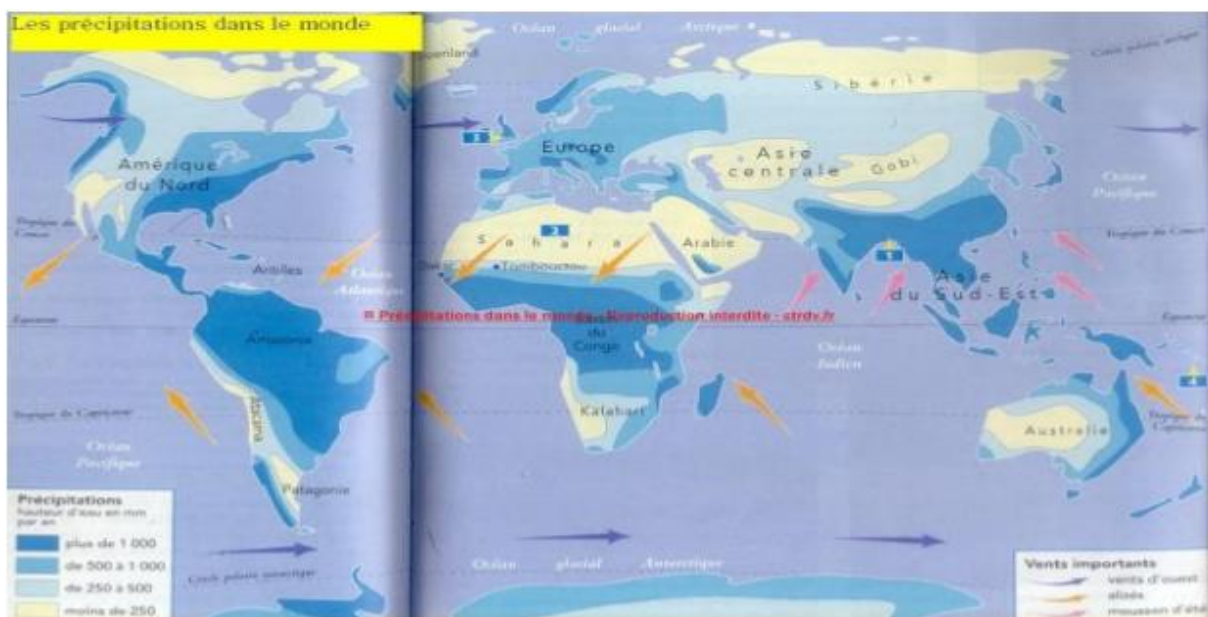


Figure. 5. répartition mondiale des précipitations.

5. L'inégale de la répartition des pluies dans le temps :

La mesure des précipitations en un point donné montre une grande différence 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 des 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.

5.1. 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 de 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 sensible à la longueur des séries d'observations.

5.2 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.

5.3 Variation séculaire :

L'histoire des climats commence à être bien connue et il n'y a 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 ne pensaient qu'un enregistrement continu pendant 35 ans permettait de connaître la pluviométrie annuelle moyenne vraie à 2% près. Cet optimisme n'est plus de cours aujourd'hui. (Mobinson.M, 2000).

6. Régime des précipitations :

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'années (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donné) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle. Une classification pluviométrique générale basée sur les données annuelles est fournie par le tableau suivant.

Tableau.1. Régimes pluviométriques du monde.

Nom	Caractéristiques
<i>Régime équatorial humide</i>	<ul style="list-style-type: none"> - plus de 200 cm de précipitations annuelles moyennes - à l'intérieur des continents et sur les côtes - région typique de ce régime : bassin de l'Amazone
<i>Régime subtropical humide en Amérique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - entre 100 et 150 cm de précipitation annuelle moyenne - à l'intérieur des continents et sur les côtes - région typique de ce régime : pointe sud-est de l'Amérique du Nord
<i>Régime subtropical sec</i>	<ul style="list-style-type: none"> - moins de 25 cm de précipitation annuelle moyenne - à l'intérieur des continents et sur les côtes ouest - région typique de ce régime : le sud du Maghreb
<i>Régime intertropical sous l'influence des alizés</i>	<ul style="list-style-type: none"> - plus de 150 cm de précipitation annuelle moyenne - sur des zones côtières étroites ; humidité - région typique de ce régime : côtes est de l'Amérique centrale
<i>Régime continental tempéré</i>	<ul style="list-style-type: none"> - entre 10 et 50 cm de précipitation annuelle moyenne - à l'intérieur des continents ; il en résulte des déserts ou des steppes - région typique de ce régime : plaines de l'ouest du continent nord-américain

<i>Régime océanique tempéré</i>	<ul style="list-style-type: none"> - plus de 100 cm de précipitation annuelle moyenne - sur les côtes ouest des continents - région typique de ce régime : la Colombie britannique, l'Europe
<i>Régime polaire et arctique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - moins de 30 cm de précipitation annuelle moyenne - se situe au nord du 60e parallèle ; formation de grands déserts froids - région typique de ce régime : le Grand Nord canadien

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.

7. Influence de l'altitude :

L'altitude, c'est la hauteur d'un lieu précis par rapport au niveau de la mer. Plus on monte, plus la température et la pression atmosphérique baissent et influencent les précipitations. Dans les régions tempérées, la disposition et les caractéristiques du relief jouent beaucoup sur le climat. Les montagnes ont des caractéristiques différentes sur les deux versants. On a plus de précipitations sur le versant balayé par le vent que sur le versant opposé dont l'air est plus sec. Aux pôles et à l'équateur, les reliefs n'influencent pas beaucoup le climat (Net 1).

Le régime pluviométrique d'une région est déterminé par les traits géographiques, orographiques, les principaux paramètres climatiques qui varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition. La tranche pluviométrique est dépendante de la position des principaux reliefs par rapport à la mer donc aux vents humides. Elle diminue d'est en ouest et du nord vers le sud, elle est importante sur les versants nord et sur les sommets élevés. L'influence de la mer, le compartimentage du relief imposent des nuances aux rythmes des précipitations.

L'influence de l'altitude sur la distribution géographique des précipitations est variée. Il y a une hausse des précipitations en fonction de l'altitude dans les stations exposées aux flux pluvieux, avec une variation du gradient de l'Ouest vers l'Est. Quoiqu'il en soit, l'altitude n'est pas toujours le facteur le plus important dans la distribution géographique des précipitations. D'autres facteurs tels que la distance de la station par rapport au sommet, la position du relief par rapport à la mer, la morphologie de l'orographie jouent aussi un rôle important (Medjerah .A, Henia. I, 2005).

8. L'agressivité de la pluie :

La sensibilité du milieu physique est aggravée par les oscillations thermiques et surtout pluviométriques. En effet, partout les amplitudes sont très accusées et surtout brusques, au cours de certaines périodes de l'année.

C'est ainsi que les oscillations thermiques sont très sensibles, notamment en altitude et sur le versant méridional et au Sers ou, avec des minima voisins de 10° au cours des longues saisons de l'hiver, alors que les maxima pendant la même saison peuvent atteindre 20°, exposant ainsi les affleurements rocheux aux effets de brusques écarts de température.

Quant aux précipitations, elles sont très irrégulières et se réduisent souvent à quelques journées de la saison pluvieuse, alors que quatre à cinq mois, voire six, sont pratiquement secs. Les maxima qui sont fréquemment représentés par des butes torrentielles interviennent assez souvent en quelques heures.

Les conséquences sont donc très importantes, tant sur le plan physique que sur le plan humain, d'autant plus que la subsistance des paysans dépend étroitement de la pluviosité et que la majeure partie des sols et roches est le plus souvent exposée aux phénomènes atmosphériques. (Sari .DJ, 1977) .

L'enregistrement des pluies se fait à l'aide d'un appareil appelé pluviographe, Celui-ci nous fournit pour chaque pluie une courbe particulière appelée pluviogramme ; la détermination de l'indice d'agressivité des pluies suppose un dépouillement des pluviogrammes des pluies considérées érosives (Crete .Z, 1984).

L'érosivité des pluies est contrôlée par les caractéristiques des précipitations. En règle générale, les caractéristiques des précipitations changent radicalement dans l'espace et le temps. L'érosivité des pluies a été étudiée en utilisant l'indice modifié Fournier (IMF) (Mohamed. A

al, 2013) L'agressivité des précipitations vis-à-vis des sols dépend surtout de leur intensité (généralement exprimée en litres par seconde et par mètre carré ou en millimètres par heure)

Chapitre 2

Présentation de la zone d'étude

À travers ce présent chapitre nous allons faire une synthèse des caractéristiques géographiques hydrographique climatiques, géologiques et hydrogéologiques de la wilaya de Constantine.

1. situation géographique :

La ville de Constantine est située à 36° 22' Nord et 6°37' Est du méridien de Greenwich, distante de 431 Km de l'Est d'Alger, de 86 Km de Skikda et de 159 Km d'Annaba. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Guelma, à l'Ouest par la wilaya de Mila, et au Sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi. (Voir figure n°6).

Ayant une superficie de 2287.77 Km², soit 0.09 % de l'ensemble de la superficie nationale. La ville de Constantine, à elle seule représente le 1/10ème de la superficie totale de la wilaya (DPAT.2002).

Constantine, s'inscrit sur une longue durée, elle est ville et capitale de l'Est depuis 2000 ans, et sans discontinuité (COTE, M 1983), une forte puissance qui a affirmé pour longtemps sa prédominance sur un immense territoire. Elle fût d'abord la capitale de la confédération Cirtèenne (MERCIER, E 1903) à l'époque romaine, Chef-lieu du beylik de l'Est pendant l'époque turque, et métropole de l'Est Algérien pendant la période coloniale. Elle jouit d'une position remarquable dans l'Est Algérien, à la croisée de deux grands axes :

- Axe Est-Ouest du contact Tell-Hautes plaines ; axe méridien reliant le littoral au Sahara constituant ainsi un nœud de communication, un lieu d'échange entre le Nord et le Sud.

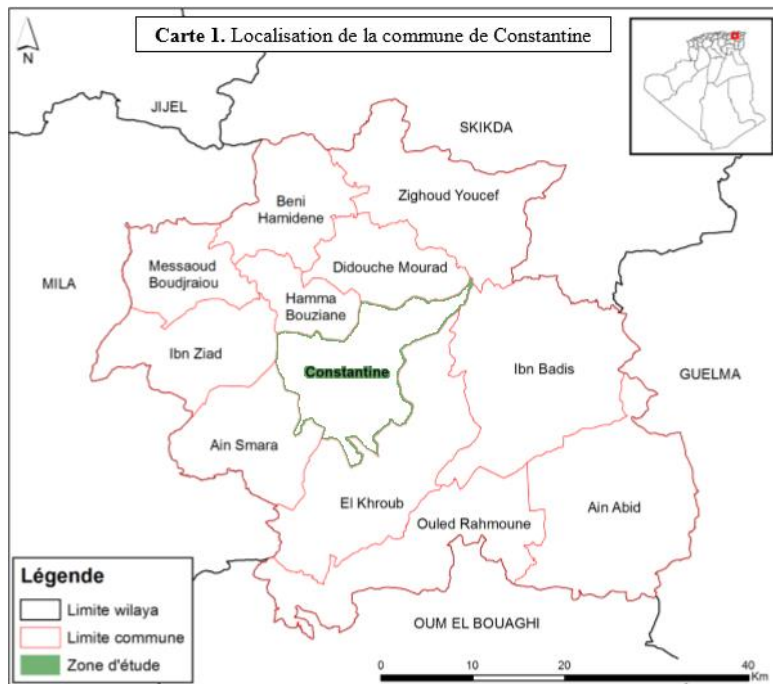


Figure 6 : Limites géographiques

2. la géomorphologie de Constantine :

La vallée du Rhumel et la vallée du BouMerzoug s'inscrivent dans un contexte alluvial en majeure partie hérité des cycles climatiques de l'ère quaternaire (Masson, 1993) .Les processus géomorphologiques ayant généré les différents lits continuent à exercer leurs effets. D'une manière générale, on distingue :

- le lit mineur et le lit moyen,
- la plaine alluviale occupée par le lit d'inondation exceptionnelle (lit majeur),
- de part et d'autre de la vallée, des talus ou de petits escarpements délimitant les terrasses non inondables.

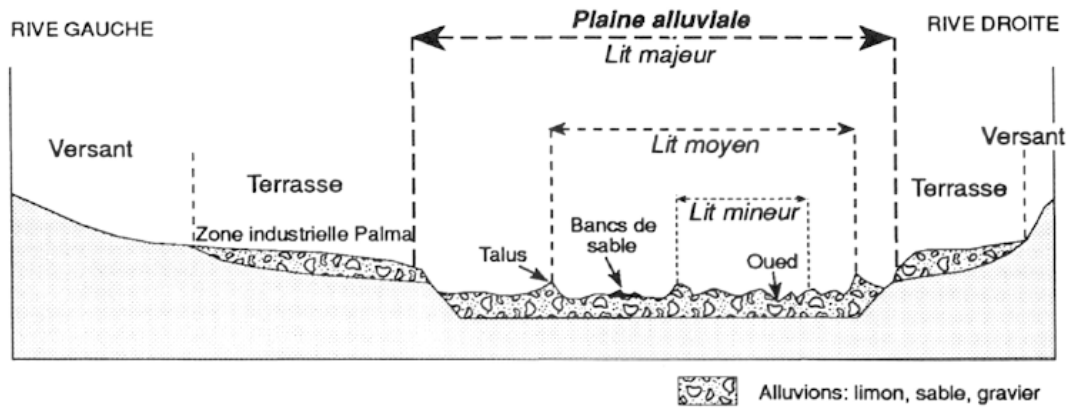


Figure 7 : - unités géomorphologiques de l'oued Rhumel - Z.I. palma (zebiri, 1994).

L'étude morphologique des deux vallées est le résultat d'une photo-interprétation à partir de la mission de 1972 à l'échelle du 1/20 000, de la mission de 1980 à l'échelle du 1/10 000 et des investigations sur le terrain durant l'année 1994.

2.1 La morphologie fluviale de la vallée du Rhumel :

La délimitation des différents lits (lit mineur, lit moyen et lit majeur) correspond globalement à chaque classe de débit (moyen annuel, de crue moyenne et de crue exceptionnelle).

* Le lit mineur : dans les hautes plaines constantinoises, ce lit mineur contient un lit d'étiage, nettement plus étroit. Le lit mineur correspond au point le plus bas de la vallée et permet l'écoulement du débit moyen annuel .

La circulation d'eau se fait à l'intérieur d'un chenal de profondeur moyenne de 1,50 mètre et de largeur variable de 4 à 10 mètres. Les limites du lit mineur dans l'oued Rhumel varient dans le temps et dans l'espace, des sections plus étroites ou plus larges en fonction de l'espace que couvre la vallée.

L'occupation du sol se caractérise par une végétation très rare et hygrophile. Les formations de galets (60%) se répandent dans tout le lit mineur. Le matériel constitué de graviers et de sables plus ou moins grossiers représente 40%.

* Le lit moyen : il correspond à la zone d'expansion des crues moyennes. La topographie est relativement complexe dans le détail, du fait de l'entrecroisement de chenaux successifs. Le lit moyen se développe sur une largeur qui varie de 6 à 20 mètres. La limite entre lit mineur et lit moyen est matérialisée par une formation alluviale qui constitue un talus plus ou moins marqué. Les formations sont essentiellement des sables, limons et argiles (70%), et un matériel plus grossier (30%). Des caractéristiques morphologiques secondaires telles que des bras de

décharge et des traces de laisses de crues récentes peuvent être observées le long du lit moyen. Les bancs alluviaux du lit moyen sont occupés par une végétation hygrophile.

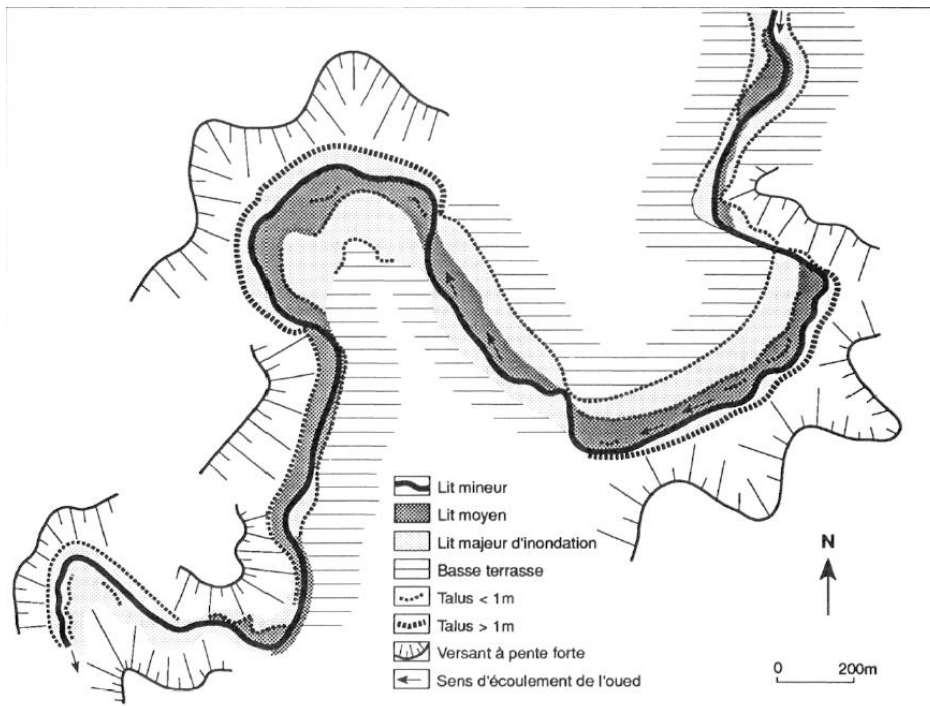


Figure 8 : la morphologie des lits de l'oued Boumerzoug d'après photo aérienne n° 176, novembre 1980 (zebiri, 1994).

Le lit majeur : submergé uniquement par des crues fortes à exceptionnelles, il porte les traces de chenaux fonctionnels durant les grandes crues. Il atteint généralement les 50 mètres de largeur dans la partie amont de la ville de Constantine. Au niveau des gorges, la montée des eaux est très rapide lors des crues exceptionnelles et peut submerger le pont du Diable qui se trouve à plus de 10 mètres au-dessus du lit actuel. A la différence des autres lits, il est recouvert de végétation non hygrophile et souvent marqué par l'occupation humaine (habitation spontanée). Il est séparé du lit moyen par un talus supérieur ou égal à 1 mètre dont la pente est orientée vers le lit moyen. A l'intérieur du lit majeur, les traces de laisses de crues, de bras de décharge et la multiplication de bancs alluviaux sont visibles. Le matériel est constitué de 30% de galets et de graviers, de 70% de matériel fin, argilo-sableux (zebiri, 1994).



Photo 1 : Oued rhumel avant les travaux de calibrage (PCPI, 2018).



Photo 2 : Oued rhumel après les travaux de calibrage (PCPI, 2018)

2.2 La morphologie fluviale de la vallée du Boumerzoug :

Le cours aval de l'oued Bou Mer Zoug se caractérise par le développement d'amples méandres justes à l'entrée de la ville de Constantine. L'élargissement de la vallée où les terrasses et le lit majeur prennent une grande extension rend plus spectaculaire l'étalement de la crue dans la plaine alluviale. La morphologie de l'oued Boumerzoug dans cette section est caractérisée par la présence de méandres, laissant apparaître un escarpement sur la rive concave qui prend la forme d'un long versant de plusieurs dizaines de mètres à pente forte . Quant au lobe de rive convexe, il est très développé, laissant apparaître les différents lits dont les limites sont matérialisées par la présence d'un talus de l'ordre d'un mètre (Zebiri , 1994).



Photo3 : Oued boumerzoug avant les travaux de calibrage(PCPI ,2018)



Photo 4 : Oued boumerzoug après les travaux de calibrage (PCPI, 2018)

2.3 Les risques d'inondation et leurs effets

A / Occupation du sol :

L'occupation du sol dans les vallées du Rhumel et du Boumerzoug n'est pas conforme aux potentialités des terrasses qui ont plutôt une vocation agricole. En effet, la basse terrasse de l'oued Rhumel et de l'oued Boumerzoug est occupée par une zone industrielle et on remarque une urbanisation sur les versants de rive concave à Chaabet Erssas (fig. 3). Quant à l'agriculture, elle est confinée sur les hautes terrasses et le lit majeur, mais dans les sections amont des deux oueds, c'est-à-dire en dehors de Constantine.

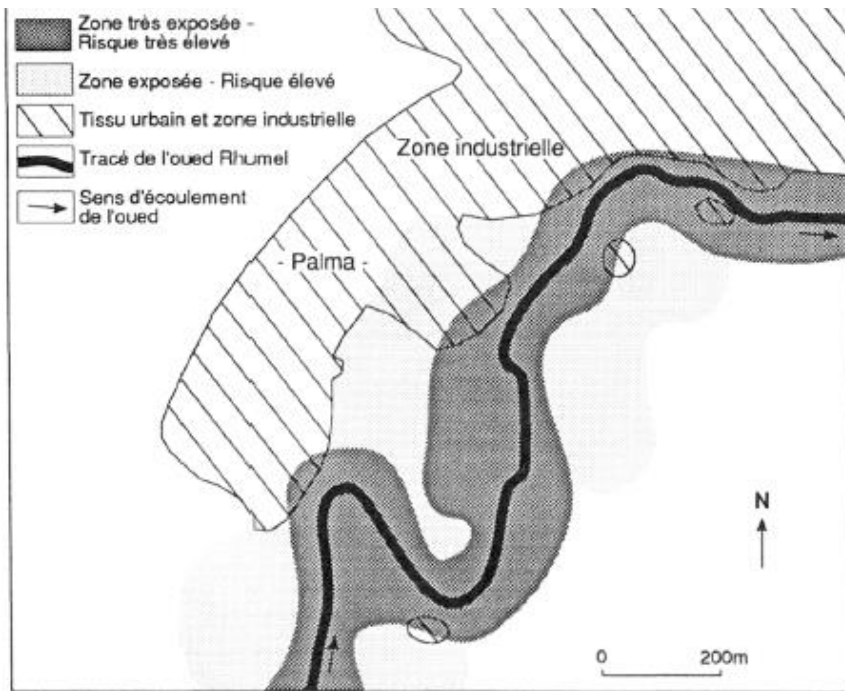


Figure 9 : Risques d'inondation dans la vallée de l'oued Rhumel (section amont) Z.I. palma. D'après photographie aérienne (zebiri , 1994).

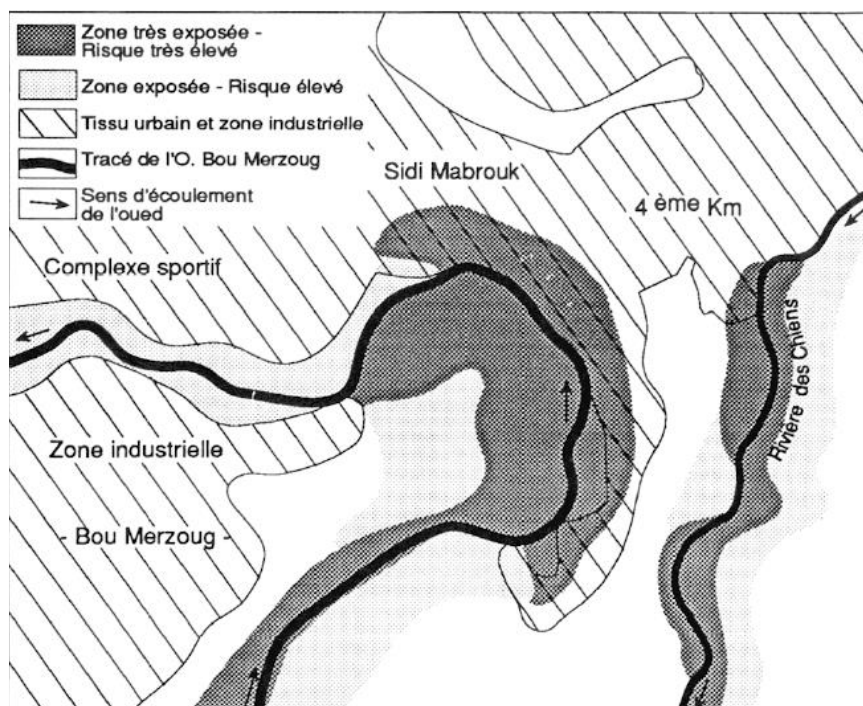


Figure 10: Risques d'inondation dans la vallée de l'oued boumerzoug chaabet erssas - photo aérienne (zebiri, 1994).

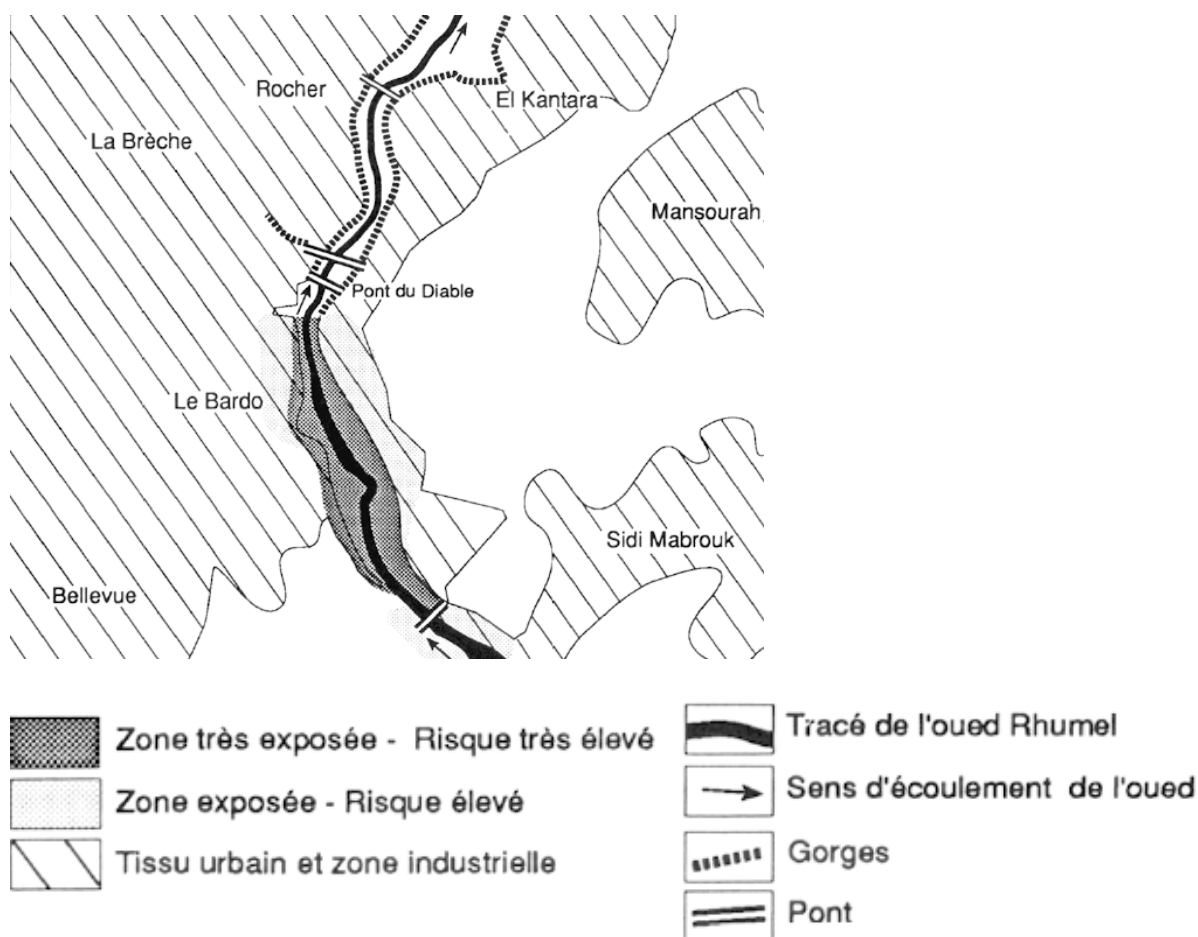


Figure 11: Risques d'inondation dans la vallée de l'oued Rhumel – bardo d'après photo aérienne (zebiri ,1994).

Les conséquences se traduisent par une montée rapide des crues à Constantine du fait de l'urbanisation de ces sections aval à l'entrée des gorges. Ce qui augmente la concentration des eaux et expose les quartiers du Bardo et Chaabet Erssas à des risques d'inondations fréquents . La présence de zones industrielles dans les vallées peut être à l'origine de graves problèmes en provoquant une élévation du niveau des eaux par création d'embâcles, ce qui a été observé dans l'oued Rhumel, section zone industrielle Palma.

L'interprétation de l'ensemble de ces informations portant sur l'occupation du sol dans la vallée du Rhumel et dans la vallée du Boumerzoug, et l'analyse de leur morphologie fluviale permet la présentation d'une cartographie géomorphologique des champs d'inondation et par conséquent l'établissement des cartes des risques (zebiri, 1994).

3. Climat

L'Est algérien est limité au Nord par la méditerranée, au Sud par le Sahara, constituant le secteur le plus varié de l'Algérie. Le bassin du Rhumel est soumis à deux climats différents : un climat subhumide dans la partie Nord, on se rapprochant de la chaîne numidique, et un climat semi-aride dans la partie Sud des Hautes Plaines. La carte des régions bioclimatiques de l'Est Algérien permet de classer Constantine selon un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (COTE.M, 1998), qui se caractérise par une pluviosité qui varie de 550 à 350 mm c'est le régime de l'ensemble des Hautes Plaines, portées à 800 ou 1000 m d'altitude suivant les secteurs. La pluviométrie répartie en deux maxima (fin d'automne et fin de printemps).

La tranche pluvieuse est mal répartie dans le temps et l'espace. Elle se présente souvent sous forme de grandes averses ou des vagues instantanées des pluies, tout en variant en allant du Nord au Sud. L'étude des données pluviométriques propres à une période récente (1975 à 2004) (ONM) a permis de connaître le régime des précipitations, qui se caractérise par son irrégularité. Les moyennes pluviométriques annuelles propres à cette période, varient de 252.7 mm enregistrées en 1983 à 876.1 mm enregistrées en 1984. (Voir tableau 2)

Le climat joue donc un rôle capital dans le comportement des cours d'eau et par conséquent des crues et des inondations. Les précipitations, en ayant une grande importance dans la régénération des réserves d'eau, se répercutent directement sur le régime d'écoulement des Oueds. Constantine a connu plusieurs inondations, qui ont causé des destructions d'ouvrages et des pertes humaines considérables. (Exemple de la crue subite d'Oued Rhumel qui a eu lieu le 19 Janvier 1958, en amont des gorges de Constantine (Bardo), elle a détruit le pont d'Arcole et a causé la mort de 07 personnes, 01 disparu et 1500 familles déplacées).

Tableau 2 : Les précipitations annuelles à Constantine de 1975 à 2004, Source : ONM.

D'après Mezhoud. L.

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
P (mm)	444.9	859.4	342.8	457.4	702.4	540.9	522.7	663.3	<u>252.7</u>	<u>876.1</u>
Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
P (mm)	462.3	561.4	498.7	512	372.7	426.2	509	758	391.4	
année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
P (mm)	628	534.6	628	534.6	628	514.2	390.5	463.5	457.4	767.7

En outre, il existe une étroite relation entre le facteur climatique et la structure d'un bassin versant (BETHEMONT.J ,1999) ce dernier dépend de l'alimentation en eau. Sa taille et sa forme, sont essentiellement déterminées par la structure géologique, le relief et le climat.

L'Oued Rhumel en étant l'affluent le plus long du réseau hydrographique (agence ABH ,2002) a énormément contribué avec l'Oued Boumer Zoug dans l'écoulement de l'ensemble de la surface drainée par le bassin versant (Mebarki.A, 1982) Ces deux oueds ont joué un rôle majeur dans la structuration de la ville.

4. Carte bioclimatique de la région de Constantine

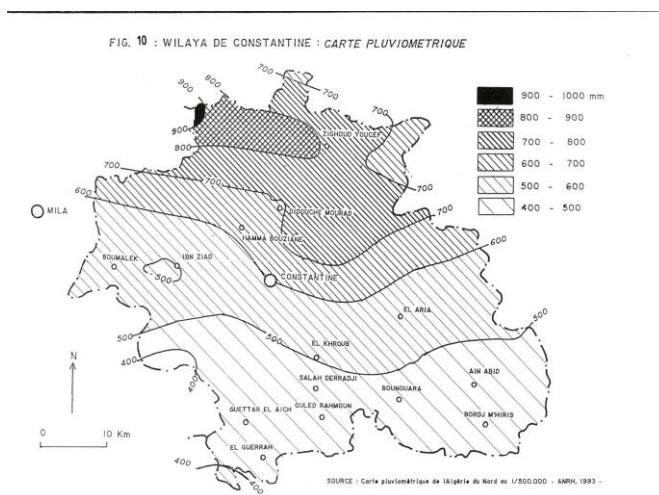


Figure 12 : carte pluviométrique de wilaya Constantine. (ANRH ,1993).

La carte montre que la région de Constantine est rège sur un climat subhumide et semi-aride dont les précipitations décroient du nord vers l'extrême sud de la région.

5. Les inondations liées aux types de précipitations torrentielles

La ville de Constantine a connu des catastrophes fréquentes parmi lesquelles les inondations du 21 au 24 février 1852, du 6 novembre 1854 (archives OM ,1845/1858) du 23 novembre 1957 (caroff. sinthe ,1958) du 19 janvier 1958, de novembre-décembre 1967, de septembre 1973, du 16 avril 1979, de fin décembre 1984 et du début du mois de janvier 1985. L'inondation la plus récente date du 3 octobre 1994. Les dégâts causés par les inondations du XIXe siècle n'ont pas été recensés avec détail. Les informations recueillies concernent les inondations à partir de 1958 :

* la crue subite du Rhumel, en amont des gorges de Constantine (quartier du Bardo), du 19 janvier 1958, entraîne la destruction du pont d'Arcole, la mort de 7 personnes, 1 disparu et 1500 familles déplacées.

* les crues de l'hiver 1967 ont pris un caractère de réelle gravité dans la mesure où le débit de pointe de l'oued Rhumel enregistré le 29 novembre 1967, a atteint 1236 m³/s, la hauteur d'eau s'élevait à 8,3 mètres au niveau de la station d'oued Athmania (Mebarki.A, 1982) ce qui a provoqué des débordements considérables dans le lit majeur. L'amont de l'oued Rhumel, connu surtout par sa zone industrielle Palma nouvellement créée, a enregistré ses premiers dégâts causés par des inondations. Ces dégâts ont affecté des dépôts de sociétés nationales et de petites unités industrielles.

* la crue de septembre 1973 est le résultat d'averses exceptionnelles qui se sont succédé du 24 au 26 septembre. Les eaux ont atteint 5 mètres à la station d'oued Athmania et 3,6 mètres à la station d'Aïn Smara (Mebarki.A, 1982) Sur toute la section amont de l'oued Rhumel jusqu'au village d'Aïn Smara, l'inondation a engendré des dégâts surtout en milieu rural, les eaux ont débordé sur des parcelles de jardins et quelques maisons, récemment construites à proximité de l'oued, ont été détruites.

*les inondations du 13 au 16 avril 1979 ont affecté aussi bien l'oued Rhumel que l'oued Boumerzoug. Les dégâts enregistrés sont localisés sur la section Chaabet Erssas et le quartier du Bardo à l'entrée des gorges de Constantine.

- les violentes pluies de l'hiver 1984/1985, concentrant 254,2 mm de pluie continue du 28 au 30 décembre 1984 provoquèrent la montée rapide de l'oued Boumerzoug et de l'oued Rhumel, endommageant sérieusement les installations de la zone industrielle Palma et provoquant l'évacuation de 250 familles du quartier du Bardo.

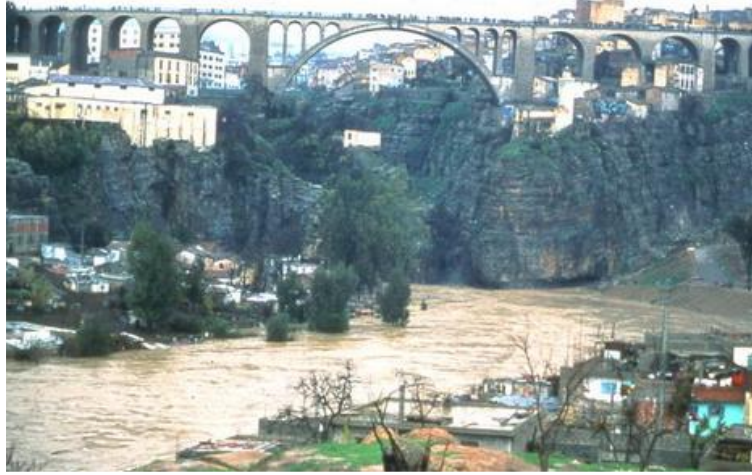


Figure 13 : Inondations de l'oued Rhumel à l'entrée des gorges du 28/30decembre 1984

L'inondation du 3 octobre 1994, qui a eu lieu entre 7h45 et 8h00, dans la vallée du Rhumel juste avant la confluence avec l'oued Boumerzoug, a emporté des constructions très récentes (été 1994) constituant un quartier spontané. Le nombre de familles évacuées s'élève à 57 d'après les sapeurs-pompiers.

5.1 Les inondations à Constantine de kantoli 2018 :



« Au bout de 15 minutes de pluie, le cataclysme, L'orage, qui s'est déclenché vers 16 heures et demie sur Constantine et ses proches alentours, n'aura duré qu'un petit quart d'heure avec néanmoins, un niveau de précipitations qui a atteint les 80 mm » (Libeté algerie ,2018)

6. Matériels et méthodes :

Les précipitations constituent la variable climatique la plus anciennement utilisée et la plus couramment enregistrée. Pour ces raisons, elle constitue des indications pour étudier l'évolution du climat. Les données de pluies utilisées appartiennent aux stations météorologiques du réseau de l'Office National de la Météorologie d'Ain el bey (ONM) et du site espagnol (tuteimpo), carte pluviométrique de Constantine (ANRH).

6.1 La concentration mensuelle de la pluie :

La concentration des précipitations dans une année est un aspect important du climat. Une répartition inégale des précipitations évoque périodes d'excès de précipitations et des périodes de sécheresse qui rendent la croissance de la plante et la récolte difficile. La concentration des précipitations doit être prise en compte dans l'évaluation et la prévision de la perte de sol par l'érosion hydrique. (Michiels P. al, 1992).

La variabilité et l'agressivité de la pluviométrie au cours de l'année hydrologique sont appréciées respectivement par l'indice de Concentration des précipitations, PCI introduit par Oliver (Oliver.JE ,1980) et l'indice de Fournier Modifier, IFM proposé par Fournier (Fournier. F, 1960) et modifié par Arnoldus (Arnoldus HMJ, 1980) il s'écrit :

$$pci = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} (p_{mi})^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_{mi})^2}$$

P_{m i} : est la quantité de précipitation du mois (i).

Le tableau suivant présente les différentes classes de l'indice de concentration saisonnière.

Dans le tableau 7 : les valeurs de PCI inférieur à 10 indiquent une distribution uniforme de précipitation mensuelle dans l'année, tandis que les valeurs de 10 à 20 présentent une saisonnalité dans la distribution des précipitations. La valeur supérieure à 20 correspond au climat avec une variabilité saisonnière importante des quantités de précipitations.

Tableau .3 Echelles d'appréciation de la concentration des pluies selon le PCI.

PCI	Concentration
8.3-10	Uniforme
10-15	Modérément saisonnière

15-20	Saisonnaire
20-50	Fortement saisonnière
50-100	Irrégulière

6.2 Agressivité mensuelle des pluies :

L'agressivité de la pluviométrie au cours de l'année hydrologique est appréciée respectivement par l'indice de Fournier (Fournier .F, 1960) et modifié par Arnoldus (Arnoldus HMJ, 1980) il s'écrit :

$$ifm = \sum_{i=1}^{12} \frac{(p_{mi})^2}{pa}$$

P_i : moyenne mensuelle des précipitations en mm

P : total annuel des précipitations en mm Cet indice renseigne sur la distribution des pluies au cours de l'année. Plus il croit plus l'abondance saisonnière des pluies augmente. Le tableau suivant présente les différentes classes de l'indice de l'agressivité de pluie.

Tableau .4. Echelles d'appréciation de l'agressivité des pluies par l'indice de Fournier modifié (IFM).

IFM	Agressivité
0-60	Très faible
60-90	Faible
90-120	Modérée
120-160	Forte
>160	Très forte

Chapitre 3

Résultats

Et discussions

Dans ce chapitre l'étude comparative pour identifier les changements du régime des précipitations au niveau de Constantine entre 1984 à 2018 est déterminante.

1. Etude des précipitations :

1.1 Analyse des précipitations moyennes annuelles de la station de Constantine (1984/2018) :

Pour l'étude des précipitations annuelles nous nous sommes basés sur les données pluviométriques fournies par l'ONM de Ain el bey et le site espagnol (tutiempo) pour une période d'observation 33 ans (1984/2018) (annexe 1).

Le tableau 5 : regroupe les cumuls des précipitations annuelles à Constantine pour la période (1984/2018).

Tableau 5 : le cumule des Précipitations annuelles de Constantine (1984-2018).

année	P (mm)	année	P (mm)	année	P (mm)	année	P (mm)
1985	462,3	1994	451,6	2003	767,6	2012	415,6
1986	561,4	1995	534,6	2004	701	2013	485,5
1987	498,7	1996	628	2005	334,5	2014	444
1988	512	1997	506,5	2006	444,3	2015	592,4
1989	372,7	1998	570,3	2007	464,5	2016	301,5
1990	426,2	1999	514,2	2008	347,9	2017	305,9
1991	509	2000	390,5	2009	627,6	2018	460,2
1992	758	2001	463,5	2010	490,6	1984	876,1
1993	391,4	2002	485,2	2011	571,8		

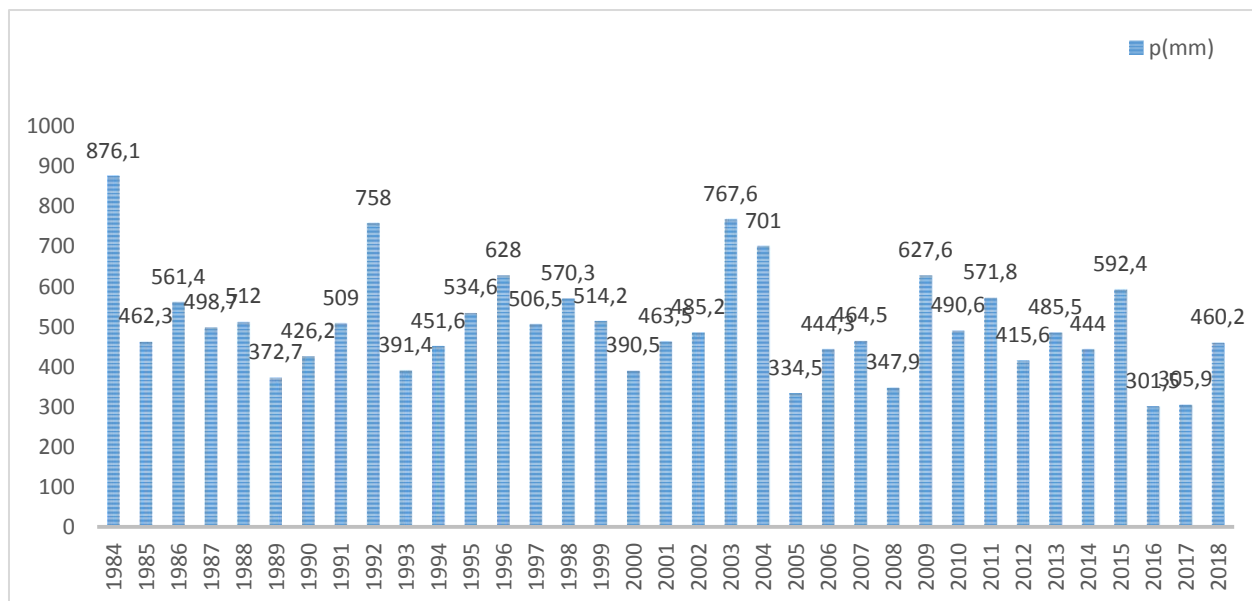


Figure14 : le cumule des Précipitations annuelles de Constantine (1984-2018)

D'après les valeurs de tableau 05 et la figure 14 ; le taux maximale des précipitations était en 1984 avec une valeur de 876,1 mm, et le taux minimale était en 2016 avec une valeur de 301,5 mm.

1.2 Etude des précipitations mensuelles de la station de Constantine (2008/2018) :

Pour l'étude des précipitations mensuelles de Constantine nous nous sommes basé sur les données pluviométriques fournies par l'ONM de Constantine pour une période d'observation de 10 ans (2008-2018).

Tableau 6 : précipitations mensuelles de Constantine (2008/2018) .

année /mois	jan	fev	mar	avri	mai	juin	juillet	aout	sept	oct	nov	dec	p (mm)
2008	9,9	8,7	72,6	23,1	58,2	5,8	11,3	33,9	38,8	21,0	37,6	27,0	347.9
2009	76,4	48,6	81,1	113,3	43,4	0,0	2,0	37,5	103,9	49,4	24,9	47,1	627.6
2010	74,0	30,5	46,9	67,2	50,0	16,5	2,0	8,0	37,3	48,1	76,4	33,7	490.6
2011	8,0	174,5	65,4	66,4	40,6	24,2	7,0	5,2	13,4	87,0	26,8	53,3	571.8
2012	34,6	104,6	52,0	68,4	19,5	6,2	1,8	10,5	36,2	33,4	29,4	19,0	415.6
2013	64,0	111,9	47,4	31,0	10,0	17,0	2,6	36,0	23,0	26,8	86,2	29,6	485.5

2014	42,8	31,0	131,7	5,7	60,3	14,8	1,0	0,4	12,8	13,0	25,1	105,4	444,0
2015	113,0	121,0	85,8	5,2	18,8	9,2	0,6	125,0	24,4	48,8	40,6	0,0	592,4
2016	43,8	16,2	66,4	46,4	44,6	9,2	0,0	9,0	7,6	20,0	30,5	7,8	301,5
2017	88,6	33,2	0,1	25,6	6,4	13,4	5,6	0,0	12,8	10,4	74,2	35,6	305,9
2018	15,2	30,9	92,2	51,1	43,2	7,6	0,2	41,0	9,2	142,4	8	19,2	460,2
	570,3	711,1	741,6	503,4	395,0	123,9	34,1	306,5	319,4	500,3	459,7	377,7	5043,0

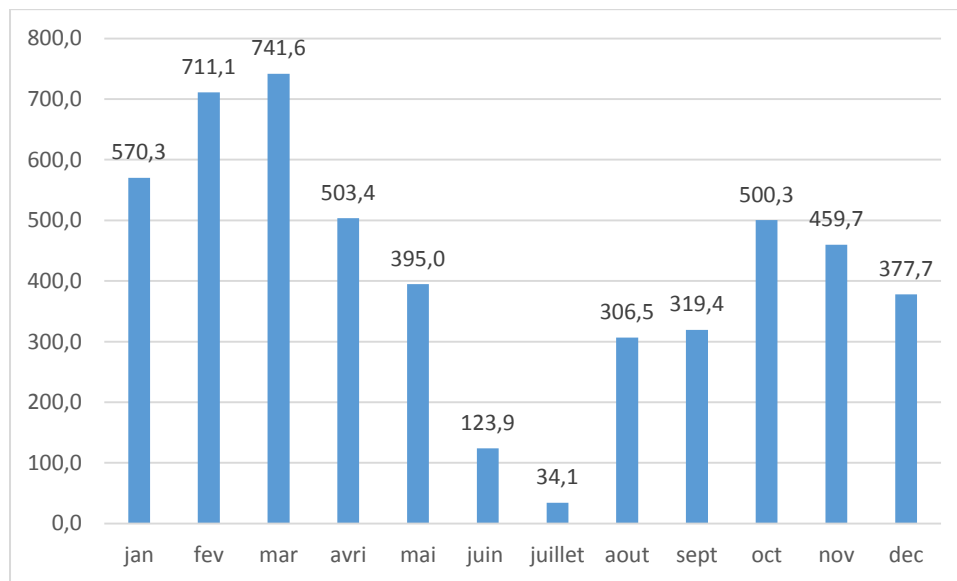


Figure 15 : Le cumul des précipitations mensuelles relatives à la période 2008/2018.

D'après les valeurs de tableau 06 et la figure 15 ; le taux maximale des précipitations était en mois de mars avec une valeur de 741. Et le taux minimal était en mois de juillet avec une valeur de 34.1 mm.

1.3 Précipitations saisonnières station de Zouaghi (2008-2018).

L'étude des régimes pluviométriques saisonniers consiste à classer les saisons par ordre de pluviosité décroissante c'est-à-dire donner les bilans d'eau reçus saison par saison. L'analyse du Tableau 7 montre que le régime saisonnier est du type H.P.A.E. (Hivers-Printemps-automne-Eté).

Tableau 7 : précipitations saisonnières de la station de zouaghi (2008-2018).

saison	Hiver	Printemps	Automne	Été
P moyennes (mm)	150.81	149.07	116.57	42.22

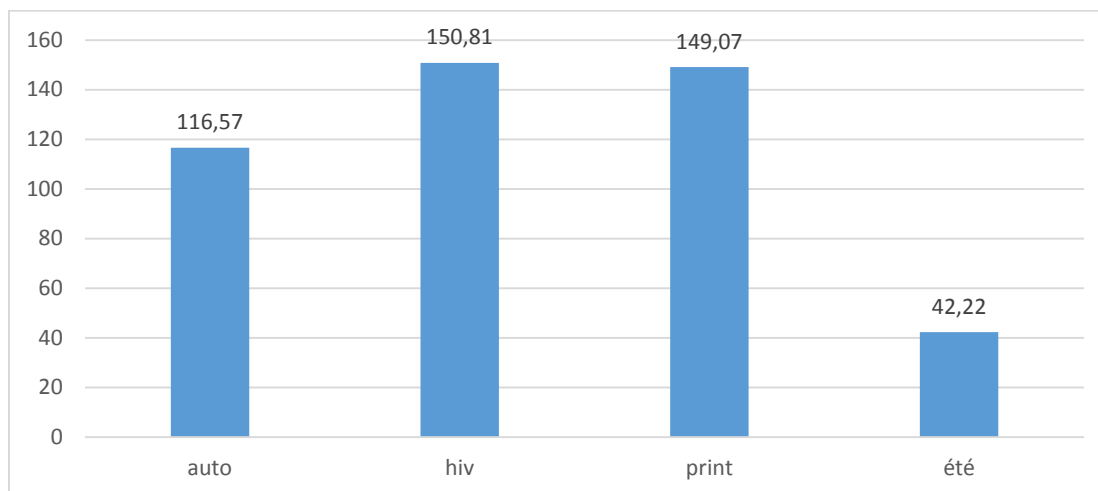


Figure 16 : les précipitations saisonnières station de Zouaghi (2008-2018).

2. La concentration des pluies :

L'analyse du degré de concentration des précipitations tout au long de l'année est extrêmement importante est pris en compte son impact sur les phénomènes environnementaux et la répartition des précipitations saisonnières.

Tableau 8 : Indice de concentration des précipitations

année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Concentration	12.19	11.92	11.06	16.16	13.41	13.46	18.31	15.81	13.58	18.06	17.38

Les résultats de **tableau 8** du PCI (2008/2018) montrent que **saisonniers** dans la région de Constantine.

3. L'indice de l'agressivité :

Tableau 9 : Indice de l'agressivité des précipitations

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IFM	42.4	74.8	57.8	92.3	57.0	63.9	81.3	93.6	40.9	55.261	79.743
	4075	579	3651	7163	3662	7934	0297	6492	5008	359	546

Le **tableau 9** : selon la classification ci-dessus, montrent que les valeurs maximales d'agressivité entre 92,37163 et 93,66492 dont l'agressivité est **Modérée**.

4. Discussion :

À travers l'analyse des séries des cumuls annuels des pluies, le nombre annuel de jours de pluies et des deux indices climatiques de pluies la période allant de 2008-2018 par la station de Constantine, ce module caractérise la tendance récente de l'intensité des pluies.

L'étude des données pluviométriques de la période (1984/2018) a permis de connaître le régime des précipitations qui se caractérise par son irrégularité. Les moyennes pluviométriques varient de 876.1 mm enregistrée en 1984 à 305.9 mm Enregistrée en 2016.

Le taux maximal des précipitations était en mois de mars avec une valeur de 741. Et le taux minimal était en mois de juillet avec une valeur de 34.1 mm

De façon générale, Les résultats de la synthèse des tableaux statistiques doublés de la représentation graphique des cumuls annuels de pluies, pluie et des indices (IFM et ICP) ont permis de mettre en évidence des variations importantes bien distinctes : en 2008/2018 montrent une répartition entre **saisonnière** et **modérée** dans la région de Constantine.

Conclusion

Conclusion :

Le climat de Constantine est méditerranéen, la moyenne pluviométrique varie de 550 mm à 350 mm/ an. La présente étude vise à analyser les changements survenus dans l'intensité et la distribution temporelle des précipitations à Constantine, pour une période allant de 1984 à 2018.

L'orographie indique deux grandes expositions de la wilaya de Constantine :

Le relief du nord-est (djebel wahch), exposition nord, reçoit plus de précipitations et l'humidité ; par contre le versant sud (djebel Oum settas et le versant sud de djebel chettaba) l'exposition sud reçoivent moins de précipitations.

Donc l'exposition nord-sud suit une loi de distribution des précipitations, autrement dit le relief à une influence directe sur la trajectoire de dépression et par conséquent sur la répartition des précipitations.

L'utilisation des données pluviométriques propres à cette période a permis de connaître le régime des précipitations qui se caractérise par son irrégularité. Les moyennes pluviométriques varient de 876.1 mm enregistrée en 1984 à 305.9 mm Enregistrée en 2016.

Dans l'ensemble, l'analyse montre une ligne directrice d'application des indices climatiques pour la détection de changements dans l'intensité et la distribution temporelle des précipitations à l'échelle régionale. L'analyse des données indique clairement des changements dans le régime des précipitations, d'abord sur la décennie 1990 et ensuite sur la décennie 2000. Au vu des résultats, l'Indice de l'agressivité des précipitations et l'indice de concentration des précipitations ont connu des variations importantes de 2008 et 2018.

L'étude des régimes pluviométriques moyens saisonniers consiste à classer les saisons par ordre de pluviosité décroissante c'est-à-dire donner les bilans d'eau reçus saison par saison. L'analyse montre que le régime saisonnier de la wilaya de Constantine est du type H.P.A.E. (Hivers-Printemps-automne-Eté).

L'analyse rapporte quelques résultats intéressants sur la zone d'investigation où la pluviométrie est plus intense et fortement irrégulière. Son impact sur la dynamique fluviale provoque une agressivité sur les versants et par conséquent une érosion des sols et des inondations sur les parties à reliefs faibles : plaines, vallées (fonds des berges). Le transport des eaux des surfaces chargées en sédiments provoque des inondations à caractère catastrophique.

Les précipitations, en ayant une grande importance dans la régénération des réserves d'eau, se répercutent directement sur le régime d'écoulement des oueds.

Référence

Arnoldus H.M.J. (1980). an approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation. In : assessment of érosion (ed. by m. de boodt & d. gabriels) : 127–132. wiley, chichester, uk.

Bahroun S., Kherici Bousnoubra H. (2011). Évaluation de l'indice de pollution Organique dans les eaux naturelles cas de la région d'el tarf (nord-est algerien), larhyss journal, issn 1112-3680, n° 09, décembre 2011, pp. 171-178.

Bennis S. (1957). Hydraulique et hydrologie, 2° Edition

Berne A. (2002). Précipitations méditerranéennes intenses en milieu urbain

BETHEMONT. J. (1999), « Les Grands Fleuves Entre Nature Et Société», Edition Armond Collin.

Carte pluviométrique de l'algerie du nord ANRH, 1993

Conférence nationale sur les risques majeurs. CIC/22-23 octobre 2018 « prise en charge de la problématique des inondations » lundi 22 octobre 2018

COTE. M. (1983) « l'Espace Algérien, les Prémices d'un Aménagement », Edition O.P.U.

COTE. M. (1998), « RHUMEL- revue N°6, In les régions bioclimatiques de l'Est Algérien ». 57-71p.

Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire, (2002), Constantine

Fournier F, eds. (1960). climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. édit. p.u.f, paris.

Iness boukhalfa, 2018, liberté algerie.constantine un quart d'heure et c'est l'apocalypse. Constantine.

Le site espagnol tutiempo

MEBARKI. A. (1982), « le bassin Kébir Rhumel, Algérie hydrologie de surface et aménagement des réseaux en eau » thèse de doctorat de 3ème cycle, université de Nancy II méditerranéenne

Medjerab A, Henia L. (2005), Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, PFE

Michiels P, Gabriels D, Hartmann R., february 1992, .catena, volume 19, issue 1, copyright © 1992 published by elsevier b.v.

Mohamed A. M. Abd Elbasit, Jinbai Huang. (2013) Spatiotemporal Changes of Rainfall Erosivity in Loess Plateau, China.

Morel M. (1999). Acquisition et constitution d'une information hydrologique de Base, Edition H.G.A, Bucarest

Oliver JE. (1980). Monthly precipitation distribution : a comparative index. *Professional Geogr*; 32(33): 300-309.

Robinson M. (2000), hydrologie continentale, Armand colin.

Roche M. (1963). Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, Paris.

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, Zawadski I, Semper-Torres D. (1970). Identification of the bright band through the analysis of volumetric radar data, *Journal of the Atmospheric Sciences* 27, 299-307.

Sari .DJ, 1977. L'homme et l'érosion das l'ouarsenis (algerie), edition 546/77 s.n.e.d.

Zebiri Abdelhamid. Evaluation du risque d'inondation à Constantine : méthodologie d'approche. In : Méditerranée, tome 80, 3-4-1994 .Géographie physique de l'Algérie oriental. pp.23-30.

Annexe

Les annexes :

Précipitation moyennes mensuelles de Constantine (1985/2018) ;

Années /mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	P (mm)	Moyenne
1985	67,8	27,3	157	20,6	63,2	1,1	0,6	1,4	39,2	30,9	27	26	462,3	38,5
1986	99,9	31,9	90,5	29,2	9,5	23,8	3,3	5,6	37,7	43,1	79	108	561,4	46,8
1987	48,5	129,8	86,1	22	43,3	27	25	8,4	3,1	53,7	37	15,3	498,7	41,6
1988	66,8	47	62,5	37,3	41,2	56,6	14	2,6	31,9	4,1	18	130	512	42,7
1989	31	44,3	48,9	51,9	31,2	22,4	26	27	21,6	45,5	15	7,8	372,7	31,1
1990	56	0	23,3	33,6	26,7	12,4	1,8	26,3	21,3	9,5	115	99,9	426,2	35,5
1991	20,9	67,1	92,8	59,3	81	8,5	3,1	1,5	43,7	88,3	22	21	509	42,4
1992	52,8	33,2	49,5	135	97,3	10,7	17	10,3	20,6	22,9	116	193	758	63,2
1993	49,5	58	25,5	12,3	52,8	3	2,9	4,8	22,1	11,9	22	127	391,4	32,6
1994	66,1	87,5	18,1	78,8	6	0	0,3	2	28,8	90,6	24	49,4	451,6	37,6
1995	216	17,5	84,7	30,1	5,9	52,4	0	1,2	47,5	8,3	43	28,4	534,6	44,6
1996	88	181	54	67	62	42	21	15	15	10	26	47	628	52,3
1997	33,1	22,4	59	57,7	18	33,2	1,2	17,2	38,9	50,2	110	65,6	506,5	42,2
1998	36,4	52,7	37,4	70,8	49,6	18,3	0	8,9	75,2	32,6	135	53,1	570,3	47,5
1999	73,7	42,1	57,6	31,7	10,5	20,4	3,3	7,7	58,7	35,7	79	93,6	514,2	42,9
2000	17,4	36	14,4	32,9	84,4	43,6	0	15,7	18,4	38,3	32	57,7	390,5	32,5
2001	123	44,7	17,6	38,3	52,9	0	0,2	10,4	79,2	48,3	29	20	463,5	38,6
2002	23,5	53,3	18,2	31,8	17	4,5	19	24	22,3	26,8	135	110	485,2	40,4
2003	231	50,2	31,7	120	44,4	1,2	2,4	11,1	61,5	46	20	148	767,6	64
2004	87,2	11,5	66,4	47,5	66,2	29,7	0,6	12,9	24,5	30,4	143	181	701	58,4
2005	57,1	45,47	38,4	62	7,11	14	8,1	6,61	13,5	1,52	19	61,7	334,5	27,9
2006	59,2	55,38	33,8	14	82,1	9,15	1	18,3	27,4	4,07	20	120	444,3	37
2007	11,9	26,41	110	67,3	25,9	14,5	4,3	2	54,3	39,1	24	84,3	464,5	38,7
2008	9,9	8,7	72,6	23,1	58,2	5,8	11	33,9	388	210	376	270	347,9	29
2009	764	486	811	1133	434	0	20	375	1039	494	249	471	627,6	52
2010	740	305	469	672	500	165	20	80	373	481	764	337	490,6	41
2011	80	1745	654	664	406	242	70	52	134	870	268	533	571,8	48
2012	346	1046	520	684	195	62	18	105	362	334	294	190	415,6	25
2013	640	1119	474	310	100	170	26	360	230	268	862	296	485,5	40
2014	428	310	1317	57	603	148	10	4	128	130	251	1054	444,0	37
2015	1130	1210	858	52	188	92	6	1250	244	488	406	0	592,4	49
2016	438	162	664	464	446	92	0	90	76	200	305	78	301,5	25
2017	886	332	1	256	64	134	56	0	128	104	742	356	305,9	25
2018	152	309	922	511	432	76	2	410	9,2	142	8	19,2	460,2	38,4

Année universitaire :
2018/2019

**Présenté par : Bouchemal hiba
Cedrati meriem**

**INTITULÉ : LE TYPE ET RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS DANS LA RÉGION
DE CONSTANTINE.**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Protection des
Écosystèmes.

L'eau constitue, de loin, l'élément le plus abondant de notre planète et la matière essentielle pour les êtres vivants. Le but de ce mémoire est d'analyser le changement des précipitations dans le temps. Ce travail est basé sur l'étude des séries des données pluviométriques de 1984/2018 à Constantine.

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 d'Ain el bey (ONM) et du site espagnol, carte pluviométrique de Constantine.

Mots clés : indice , la pluviométrie, Constantine.

Laboratoire de recherche : Développement et Valorisation des Ressources
Phylogénétique

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA Azzedine Med Toufik MCB Constantine 1.
Rapporteur : BENDERRADJI MED EL HABIB Prof - UFM Constantine 1.
Examineurs : ALLATOU Djamel Prof - UFM Constantine 1.

Date de soutenance : 16 /07/2019 ;

