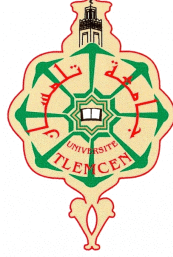


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etude
Pour l'obtention du diplôme Master en **Hydraulique**

Option : EAU SOL ET AMENAGEMENT

Thème

ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES PLUIES EN ALGERIE

Soutenue publiquement le : 23 / 06 / 2014

Présenté par :

BRAHMI DJALAL

Devant le jury :

M ^R TERKI HASSAINE .T.E.A.....	Président
M ^R SEDDINI . A	Examineur
M ^{ME} ADJIM . F	Examineur
M ^R GHENIM . A. N.....	Encadreur
M ^R MEGNOUNIF . A	Encadreur

Promotion 2013/2014

Remerciements

A l'occasion de la réduction de ce mémoire de fin d'étude je tiens particulièrement à remercier ALLAH de m'avoir accordé la foi, le courage, la volenté pour élaboré ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à M^R ABDERRAHMANE NEKKACHE GHENIM et M^R ABDESSELAM MEGNOUNIF pour avoir accepté de m'encadrer en ce sujet ainsi pour leurs orientations, leurs judicieux conseils et leur disponibilité durant toute la période de notre projet.

Mes profonds remerciements vont à :

Le président du jury M^R TAHA EL AMIN TERKI HASSAINE pour leur aide précieuse

Monsieur M^R ABDELALI SEDDINI et M^{ME} ADJIM FOUZIA pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'examiner ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements à Monsieur M^R CHIKH Hamza et M^{elle} BESSAKLIA Hanene et M^R ZEKOUR Zakaria ainsi que M^R KATEB Zakaria pour m'avoir dans mon travail.

Que tous ce qui ont participés de prés ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements.

Je voudrais aussi exprimer ma vive reconnaissance envers tous les enseignants de département d'hydraulique ainsi que tous ceux qui ont participé à ma formation.

Dédicaces

*Avec l'aide de dieu tout puissant on a pu achever ce modeste
travail que je dédie*

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

A mon meilleur frère Issame Dine

A mes sœurs

A tous ceux qui portent le nom brahmi et brahimi

A ma promotion de E.S.A -2013-

A mes amis et tous ceux qui m'aiment

** Mr brahmi djalal*

Résumé :

L'eau constitue, de loin, l'élément le plus abondant de notre planète et l'essentielle matière pour les êtres vivants. L'étude des processus pluviométriques dans les régions arides et semi-arides n'est plus à démontrer vu que l'eau y constitue le facteur limitant de premier ordre. Ainsi, une bonne connaissance de la distribution pluviométrique à la fois dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour dégager d'une part les périodes critiques de sécheresse auxquelles les cultures sont exposées et d'autre part les zones favorables et les zones défavorables.

Pour traiter notre thème, on a divisé le travail en deux parties. La première est consacrée à une recherche bibliographique sur tous les éléments qui forment notre travail (origine des précipitations, répartition des précipitations.....). Dans la deuxième partie, on a étudié l'analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie et examiné les principaux changements et phénomènes reliés au régime des pluies (variabilité des précipitations, calcul de la concentration et l'agressivité des pluies.....). Pour cela, on s'est basé sur les données mensuelles issues de 37 stations pluviométriques situées dans le territoire Algérien.

Mot clé : précipitations, pluviométrie, variation spatio-temporelle, station météorologique, concentration, agressivité.

الملخص

الماء هو إلى حد بعيد العنصر الأكثر وفرة على كوكبنا و المواد الأساسية للكائنات الحية. الدراسة الخاصة بعمليات هطول الأمطار في المناطق القاحلة و شبه القاحلة تثبت أن العامل من الدرجة الأولى المحدد لها هو الماء. وبالتالي، المعرفة جيدة لتوزيع الأمطار في كل من الزمان والمكان، أمر ضروري لتحديد ناحية الفترات الحرجة من الجفاف التي تتعرض لها المحاصيل ومعرفة المناطق الأخرى مواتية لها وغير المواتية.

لعلاج موضوعنا، قد جزءنا العمل إلى قسمين.خصص أول لبحث عام على جميع العناصر التي لها علاقة بعملنا (أصل هطول، توزيع سقوط الأمطار.....). في الجزء الثاني، درسنا التحليلات المكانية والزمنية لهطول الأمطار في الجزائر و نوقشت التغيرات والظواهر الرئيسية المتعلقة بها (تقلب هطول الأمطار، وحساب التركيز و عدوانية الأمطار.....) لهذا استندنا على بيانات شهرية من 37 محطة لقياس الأمطار و العوامل المناخية التراب الجزائري.

الكلمات المفتاحية : الامطار, قياس الامطار, العدوانية, التركيز, التغيرات الزمانية والمكانية.

Abstract :

Water is by far the most abundant element on our planet and essential material for living. The study of precipitation processes in arid and semi-arid regions is no longer seen to demonstrate that water is the limiting factor of the first order. Thus, a good knowledge of the rainfall distribution in both time and space, is essential to identify the one hand the critical periods of drought which crops are exposed and the other favorable areas and areas unfavorable.

To treat our theme, we divided the work into two parts. The first is devoted to a literature search on all the elements that make our work (origin of precipitation, rainfall distribution). In the second part, we studied the spatio-temporal analysis of rainfall in Algeria and discussed the main changes and phenomena related to rainfall (rainfall variability, calculation of concentration and rainfall aggressiveness). For this, is based on monthly data from 37 rainfall stations in the Algerian territory.

Key words: Rain, Measuring rain, Aggressiveness, Concentration, Temporal and spatial variation.

Sommaire

Introduction générale.....i

Chapitre I

I .Précipitation :.....	1
II. origine de précipitation :	1
II.1. Formation des précipitations :.....	1
III .Les différents types des précipitations:.....	2
III.1.Précipitation de convection :	2
III.2.Précipitation orographiques :	3
III.3.Précipitation cycloniques :	4
IV. Répartition de précipitation :	6
IV .1. Inégale répartition dans l'espace :	7
IV.1.1. À l'échelle du globe :.....	7
IV. 1.2. À l'échelle régionale :.....	7
IV.1.3. À l'échelle locale :.....	8
IV. 2. L'inégale répartition des pluies dans le temps :	9
IV.2.1. Variations aléatoires :	9
IV.2.2. Variations périodiques :	9
IV.2.3. variation séculaire :.....	10
V. Régime des précipitations :	10
VI. Influence de l'altitude :.....	12
VII .La variabilité temporelle :	13
VIII. La concentration de la pluie :	13
IX .L'agressivité de la pluie :.....	15
X. Détection de ruptures et étude de tendance au sein des séries pluviométriques :....	16

XI. La sécheresse en Algérie :	16
XII. Le rôle de l'altitude et de la latitude sur les hauteurs pluviométriques :.....	19

Chapitre II

I-Introduction :	21
II-Région d'étude :	21
II-1-Le réseau d'observation météorologique en Algérie:	21
II-2-Présentation des bassins versants en Algérie :	22
II-3-Base de données :	23
III-Etude de la variation des précipitations :.....	28
III-1- La variabilité des précipitations en Algérie :	28
III-2-Variabilité des précipitations à l'échelle annuelle, saisonnière, mensuelle :....	29
III-2-1- Variabilité annuelle de la pluviométrie :.....	29
III-2-2- Variabilité saisonnière de la pluviométrie :	31
III-2-3-.Variabilité mensuelles de la pluviométrie :.....	35
III-3 -La relation entre les précipitations et la latitude :	36
III-4 -La relation entre les précipitations et le nombre de jours de pluie :.....	37
III-5-La relation entre la précipitation moyenne et l'altitude :.....	40
VI. Tendence temporelle :	41
IV- La concentration mensuelle de la pluie:.....	43
V- Agressivité mensuelle des pluies:	45
Conclusion générale.....	48

Liste des figures

Figure. 1 .Les différentes phases Du système convectif ...	3
Figure.2.Précipitation orographiques.....	4
Figure .3. Front chaud et froid.....	5
Figure .4. Nuage et précipitations associés à un front chaud et froid.....	6
Figure. 5. répartition mondiale des précipitations.....	8
Figure .6 .Grands ensembles du relief de l'Algérie du Nord des plaines	18
Figure .7. Les bassins versants en Algérie.....	22
Figure. 8. Répartition des stations pluviométriques utilisées.....	24
Figure. 9. Carte des zonages climatique	26
Figure .10. Variabilité saisonnière de la zone1.....	32
Figure .11 . La variabilité saisonnière de la zone 2.	33
Figure. 12. La variabilité saisonnière de la zone 3.	34
Figure .13. Les variabilités mensuelles de la zone 1.	35
Figure .14 . Les variabilités mensuelles de la zone 2.	36
Figure.15. Les variabilités mensuelles de la zone 3.	37
Figure.16. Évolution de la précipitation moyenne annuelle en fonction de la latitude	37
Figure. 17. Relation entre les précipitations moyennes et le nombre de jours de pluie à l'échelle annuelle.....	39
Figure .18. La variation entre la précipitation moyenne et l'altitude.....	40

Liste des tableaux

Tableau.1. Régimes pluviométriques du monde.....	11
Tableau.2. Echelle d'appréciation de la concentration des pluies selon l'indice PCI (Précipitation Concentration Index).....	14
Tableau.3. Echelle d'appréciation de l'agressivité des pluies selon l'indice IFM (Indice de Fournier Modifié).	14
Tableau.4. Coordonnées des stations pluviométriques utilisées et nombre moyen des journées pluvieuses.	24
Tableau .5. Précipitations moyennes annuelles P_a , Précipitations minimales annuelles P_{min} , Précipitations maximales annuelles P_{max} , Précipitations maximales journalières P_{jmax} et coefficients de variation CV, pour les 37stations météorologiques (période 1982-2012).....	29
Tableau.6. Coefficient de tendance temporelle pour chaque station.	42
Tableau.7. Echelles d'appréciation de la concentration des pluies selon le PCI.....	43
Tableau .8. Indice de concentration des précipitations	44
Tableau.9. . Echelles d'appréciation de l'agressivité des pluies par l'indice de Fournier modifié (IFM).....	46
Tableau .10. Indice de l'agressivité des précipitations.....	47

Introduction générale :

Aujourd'hui, les questions du changement climatique ou du réchauffement global de la terre font l'objet d'une attention considérable de la part de divers chercheurs du monde entier. Scientifiques, décideurs et gouvernements du monde entier cherchent à comprendre la nature des changements et des défis auxquels ils doivent faire face. L'effet du réchauffement climatique ne fait qu'augmenter par l'apparition de phénomènes météorologiques extrêmes (par exemple, les inondations, les sécheresses et les tempêtes de pluie) ainsi que les changements erratiques de la pluviométrie et de la température. Les inondations et les sécheresses extrêmes peuvent provoquer des pertes économiques et des dommages écologiques et environnementaux. Bien que l'augmentation des précipitations puisse renforcer la production agricole et l'approvisionnement en eau, mais si cette augmentation est associée avec des événements de précipitations extrêmes, elle peut provoquer des effets tels que les inondations et les retards dans la récolte. D'autre part, une diminution des précipitations pourrait provoquer de longues périodes de sécheresse qui sont associées à l'apparition des pénuries d'eau et l'exposition aux risques d'incendie.

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, en combinaison avec les moyennes et /ou les extrêmes de température.

En Algérie, les ressources hydriques tributaires pour une large part d'une pluviométrie très irrégulière et inégalement répartie dans l'espace, demeurent modestes, eu égard également au déficit en moyens de rétention (barrages, retenues collinaires etc.).

Les changements climatiques et en particulier la sécheresse qui sévit ces dernières années, essentiellement en Algérie, exacerbe davantage le problème.

L'étude des précipitations relevées dans les stations pluviométriques d'étude (période 1982-2012), montre une succession d'épisodes pluviométriques excédentaires et déficitaires par rapport à la normale et qui témoignent de leur grande variabilité.

La variabilité intra-annuelle des précipitations est plus importante pour les stations côtières que pour les stations de l'intérieur par rapport aux stations du Sahara, ceci est dû à une plus nette distinction entre les saisons sèche et pluvieuse pour les stations côtières, alors que l'amplitude pluviométrique est plus réduite pour les stations continentales par l'apport de pluies d'orages durant l'été.

Notre travail a consisté à faire une étude sur analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie.

Dans le premier chapitre nous donnons quelques généralités sur les précipitations, sur leurs origines, les différents types ainsi que leur répartition. Nous terminons à chapitre par des définitions de la concentration de pluie et l'agressivité.

Dans le deuxième chapitre traité de l'étude de cas, à savoir le régime de pluie sur le territoire Algérienne. Dans ce chapitre, nous allons voir la variabilité des précipitations, ainsi qu'un calcul la concentration et l'agressivité des pluies.

Pour en apprécier les effets, il faut analyser attentivement les statistiques pluviométriques, en consultant les données d'un plus grand nombre possible de stations et les séries d'observation les plus longues, afin de cerner la double irrégularité des précipitations ainsi que la caractéristiques des hauteurs torrentielles.

I. Les précipitations :

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

II. 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. [1]

II.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 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-suisse 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 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). [1]

III .Les différents types 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. [2]

On peut classer les précipitations en trois types :

III.1.Précipitation de convection :

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 [3, 4]

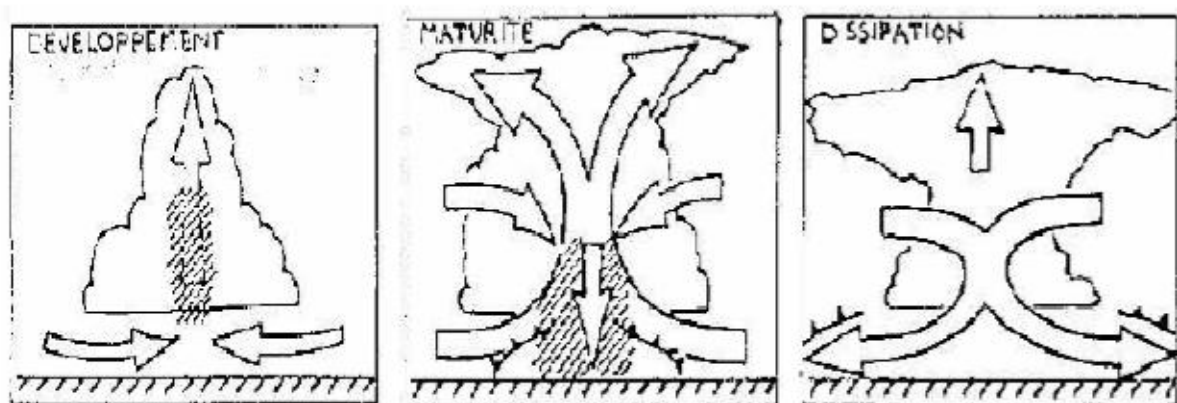


Figure. 1 .Les différentes phases Du système convectif [3].

III.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. [3]

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 voir nulle lorsqu'elle descend sur le versant sous le vent.

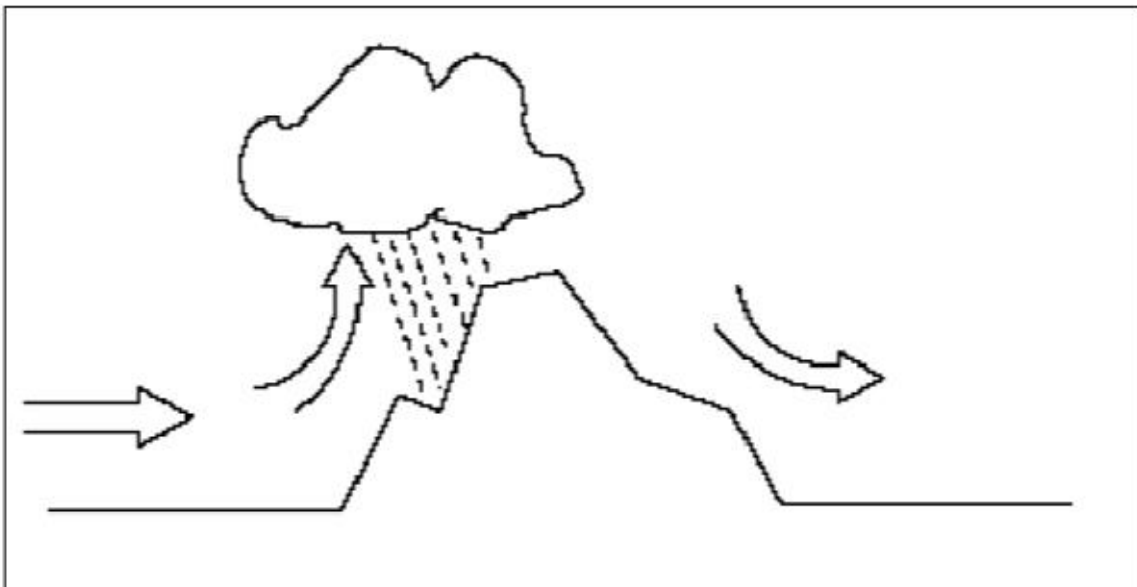


Figure.2.Précipitation orographiques [3].

III.3. Précipitation cycloniques :

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'aire froid on trouve un front chaud ou froid. (figure 3).

Dans le cas d'un front froid, les nuages 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 [5]

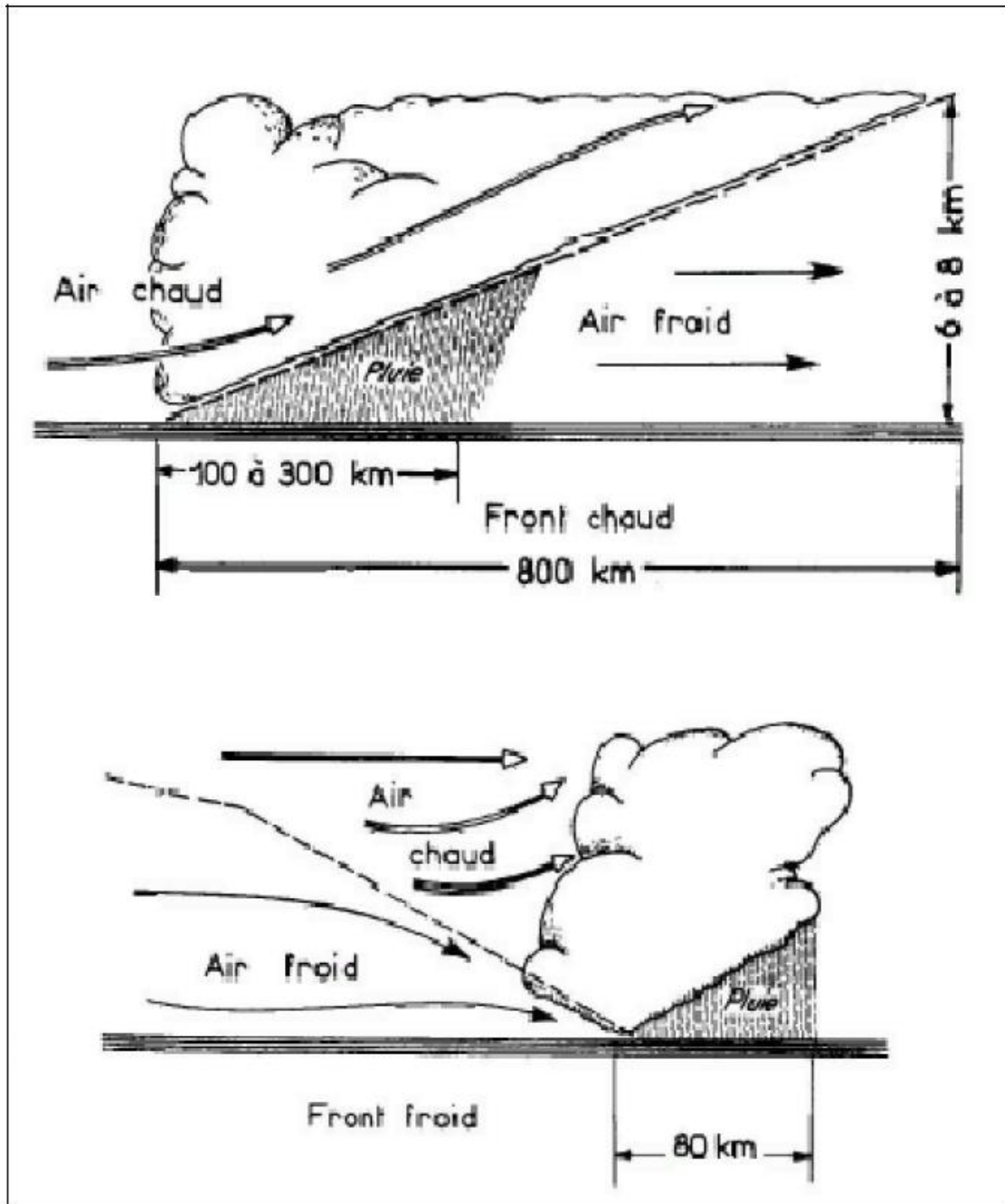


Figure .3. Front chaud et froid [6].

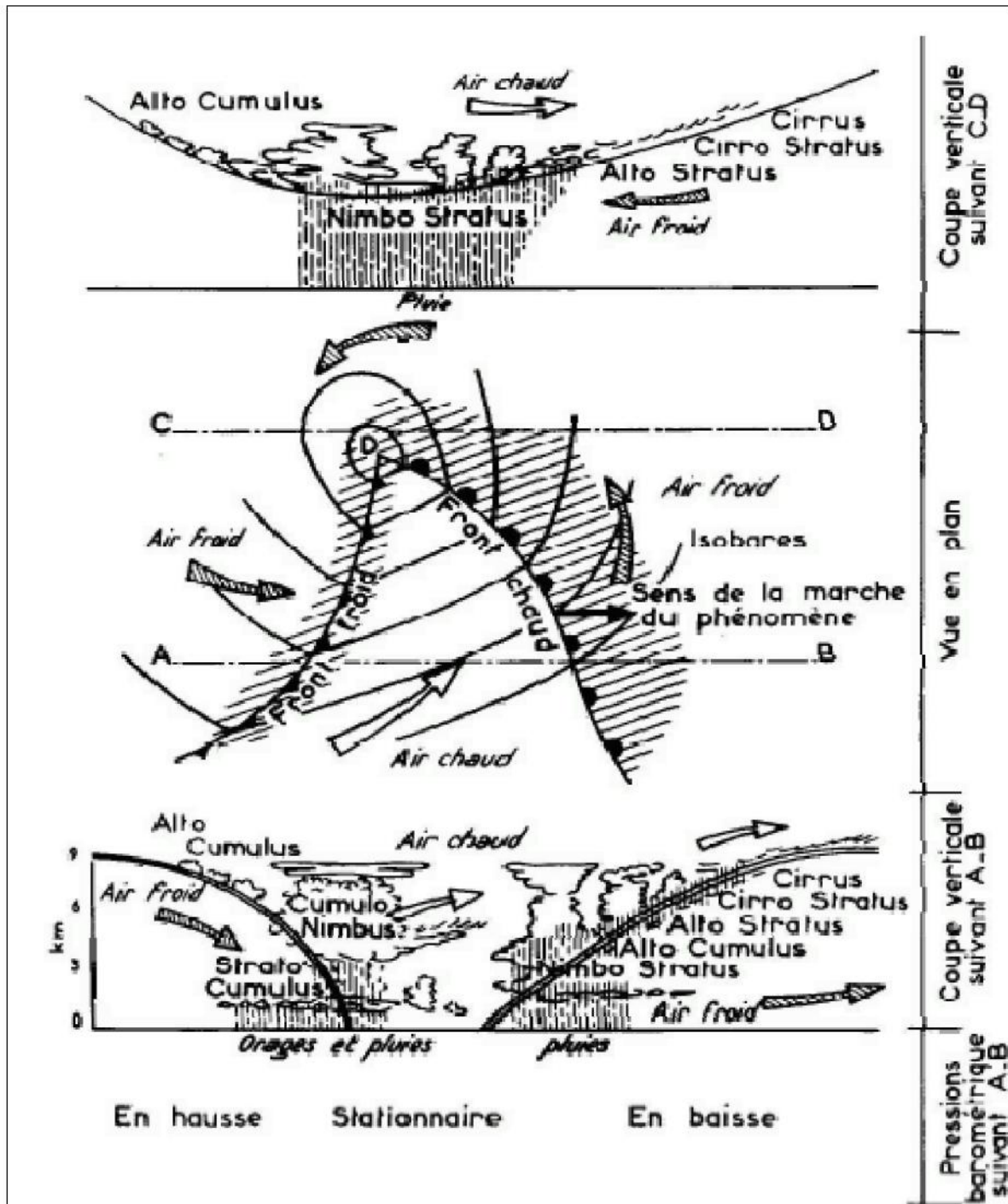


Figure .4. Nuage et précipitations associés à un front chaud et froid [6].

IV. Répartition de précipitation :

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

IV .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.

IV.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 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 présence de celles de hauteur 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.

IV. 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 représentée 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.[7]

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.[8]

IV.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 toute fois 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.[9]

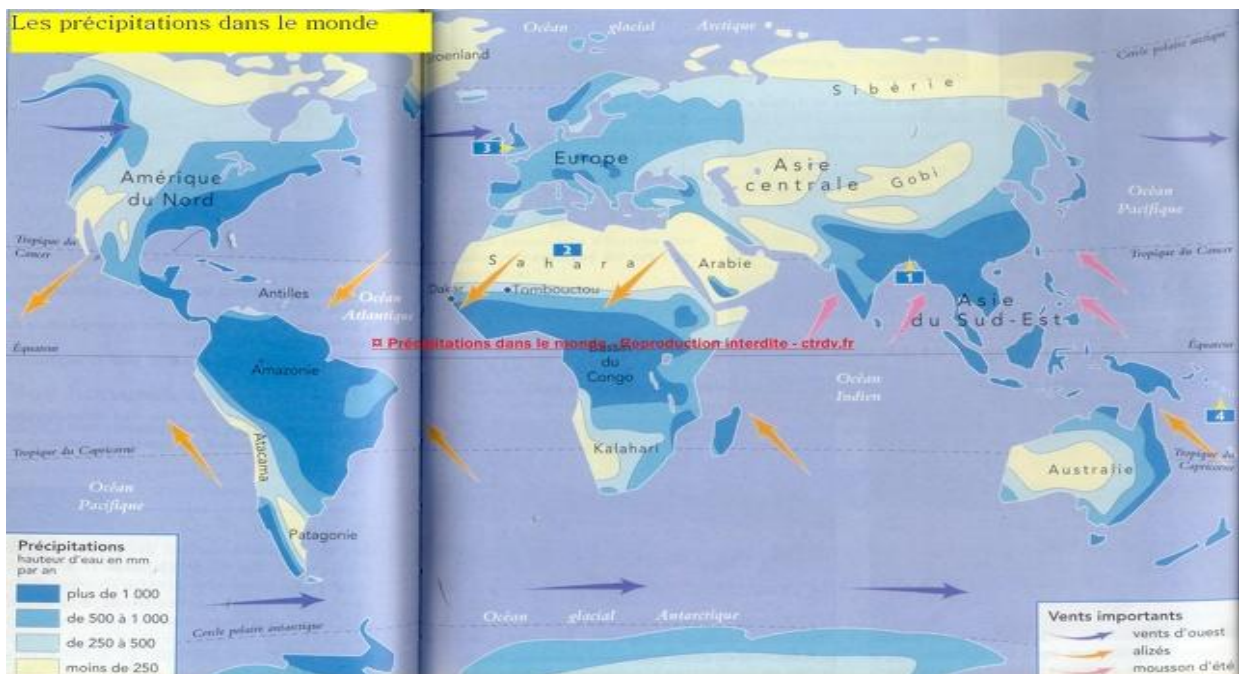


Figure. 5. répartition mondiale des précipitations [10].

IV. 2. L'inégale répartition des pluies dans le temps :

La mesure des précipitations en un point donné 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 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.

IV.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 apparaît 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.

IV.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.

IV.2.3. 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 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. [9]

V. 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 [11]

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. [12]

VI. 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. [13]

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. [14]

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. [7]

VII .La variabilité temporelle :

La variabilité dans le temps des précipitations annuelles sont évaluées à partir du coefficient de variation.

Pour le calcul de CV on a procédé par les étapes suivantes :

$$\text{La variance}(V)=1/N*\sum (X_i \text{ .moy})^2 .$$

Ensuite

$$\text{L'écart type}(S)=(V)^{1/2}$$

Par suite

$$CV=S/ X_i \text{ .moy}.$$

Avec

$X_i \text{ .moy}$: les précipitations moyennes.

V: la variance.

N: nombre de série.

S : l'écarte type.

CV : le coefficient de variation.

VIII. La concentration 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 récolte difficile. La concentration des précipitations doit être prise en compte dans l'évaluation et la prévision des pertes de sol par érosion hydrique. [15]

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 [16] et l'Indice de Fournier Modifié, IFM, proposé par Fournier [17] et modifié par Arnoldus [18]. Ils s'écrivent

$$PCI = 100. \frac{\sum_{i=1}^{12} Pm_i^2}{\left(\sum_{i=1}^{12} Pm_i \right)^2}$$

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{Pm_i^2}{Pa}$$

Pm_i et Pa désignent respectivement la hauteur mensuelle du mois i et la hauteur annuelle de la l'année considérée.

Tableau.2. Echelle d'appréciation de la concentration des pluies selon l'indice PCI (Précipitation Concentration Index).

PCI	Concentration
8.3-10	Uniforme
10-15	Modérément saisonnière
15-20	Saisonnière
20-50	Fortement saisonnière
50-100	Irrégulière

Tableau.3. Echelle d'appréciation de l'agressivité des pluies selon l'indice IFM (Indice de Fournier Modifié).

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

IX .L'agressivité de la pluie :

La sensibilité générale du milieu physique est particulièrement aggravée par les oscillations thermiques et surtout pluviométrique. 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. [19]

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. [20]

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). [21]

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).[22]

X. Détection de ruptures et étude de tendance au sein des séries pluviométriques :

Une rupture peut être définie par un changement dans la loi de probabilité des variables aléatoires dont les réalisations successives déterminent les séries chronologiques étudiées.

L'acception générale, mais surtout celle des hydrologues, en ce qui concerne les totaux annuels de précipitations, est que du point de vue stochastique, ceux-ci peuvent être considérés comme un processus stationnaire. La caractéristique d'indépendance suppose que le cumul de précipitations d'une année n'est pas dépendant du total de précipitations enregistrées l'année précédente. La stationnarité suppose que les propriétés de base du processus (par exemple, son niveau moyen) ne changent pas avec le temps. Cependant, plusieurs travaux récents signalent une situation inverse. On suppose que dans le contexte du réchauffement global actuel, l'espérance mathématique aussi bien que la variance de ce processus stochastique à l'échelle interannuelle ne seraient plus indépendantes du temps au temps.

Les erreurs systématiques qui affectent d'une façon uniforme certaines portions des séries de mesure sont dues généralement au déplacement ou au changement d'environnement du pluviomètre pendant la période d'observation, à la croissance d'un arbre qui fait obstacle ou à la substitution pendant la période d'observations de l'éprouvette de lecture du pluviomètre par une autre inadéquate qui entraîne une forte hétérogénéité des séries pluviométriques [23].

XI. La sécheresse en Algérie :

Les plaines du centre et de l'ouest de l'Algérie sont connues pour leur fertilité et leur production agricole. Le déficit hydrique de ces dernières décennies a affecté négativement la production agricole ainsi que les réserves superficielles et souterraines en eau. La sécheresse pose de nombreux problèmes d'ordre socio-économiques, spécialement à l'agriculture dans les plaines de la Mitidja, du Haut Cheliff, du Habra-Sig, de Ghriss, de Sidi Belabbess et de Maghnia (figure6). Pour continuer à produire, les paysans ont eu recours à une utilisation excessive des eaux souterraines, ce qui a provoqué une baisse considérable du niveau des nappes. La sécheresse est récurrente, omniprésente en raison de températures élevées et d'une pluviométrie très variable en région méditerranéenne. [24]

Plusieurs travaux sur la pluviométrie de l'Algérie ont été menés depuis le dernier siècle, mais la plupart d'entre eux en font une analyse superficielle sur quelques stations en se basant sur le calcul de la moyenne. Ce n'est qu'en 1946 grâce aux travaux de Seltzer sur le climat de l'Algérie qu'une analyse détaillée sur la pluviométrie est établie.

En Algérie, en considérant les stations du nord par une méthode comparative des moyennes (1974/1992 par rapport à celle de Chaumont 1913/1963) et à la moyenne de longue durée (1922/1992), ont constaté que l'ampleur du déficit pluviométrique de la dernière période 1974/1992 s'intensifie d'est en ouest. Ils mettent en évidence la tendance à la sécheresse des vingt dernières années et font apparaître des sécheresses analogues durant les années 1913 et 1940.

Farmer et Wigly donnent l'évolution d'un indice de sévérité de la sécheresse sur la même région et relèvent l'occurrence de sécheresses sévères et généralisées durant des années très isolées : 1937, 1961, 1970.

Matari et Douguédroit (1993) appliquent une analyse en composantes principales avec rotation Varimax sur deux réseaux et sur deux périodes différentes ; ils ont abouti à une division régionale de l'ouest Algérien pour une analyse spatio-temporelle de la pluviométrie. Les auteurs ont remarqué que la sécheresse des années 40 est principalement due à une baisse de pluie de printemps et que celles des années 80 à une baisse de pluie d'hiver.

Meddi et Humbert (2000), à partir d'une étude sur la sécheresse ont constaté qu'un déficit pluviométrique apparaît à partir de 1970, et persiste encore actuellement. Ce déficit génère un grave problème d'ordre économique et social, compte tenu de la pression croissante qui exerce sur la ressource en eau (alimentation en eau potable, irrigation....).

Cette synthèse bibliographique montre l'importance du phénomène étudié et combien la communauté scientifique s'intéresse à la sécheresse, principalement aux indicateurs de sécheresse comme éléments essentiels pour la gestion de la pénurie d'eau. Les risques de sécheresse ainsi que la préparation et l'élaboration des plans d'intervention pour la réduction des impacts potentiels de la sécheresse ont retenu l'attention de plusieurs chercheurs. [25]

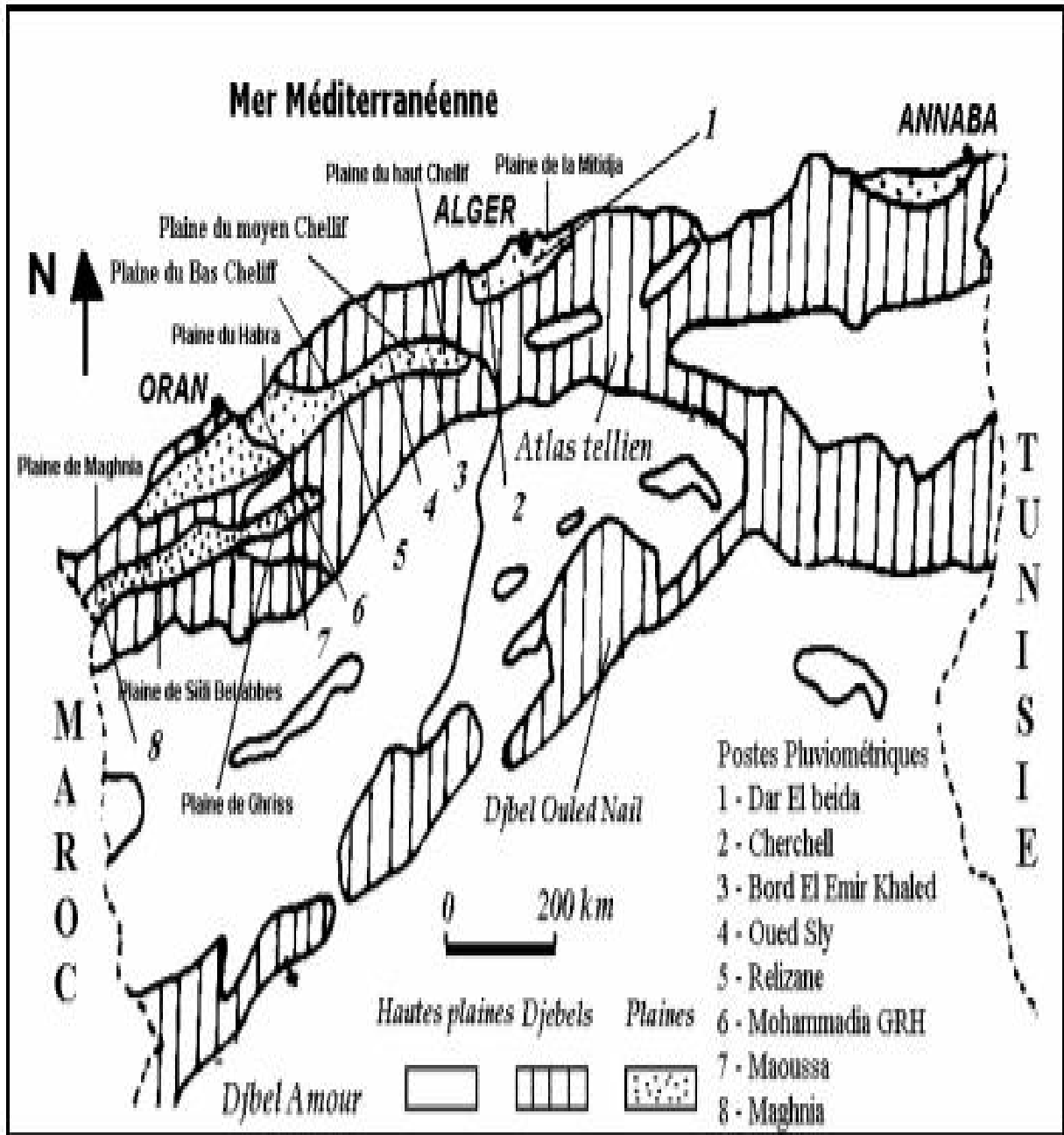


Figure .6 .Grands ensembles du relief de l'Algérie du Nord des plaines [26].

XII. Le rôle de l'altitude et de la latitude sur les hauteurs pluviométriques :

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition .en effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides. Elle augmente également d'ouest en Est et à l'inverse elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud.

le massif montagneux du Djurdjura est naturellement destiné par son altitude (2308m). Sa proximité relative à la mer (45 à 50 Km) et par son orientation Est-Ouest, à recevoir en hiver, la masse principale des pluies dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700-800m d'altitude) ce qui constitue un atout hydrologique important pour l'alimentation de l'Oued et ses affluents. De ce fait la grande Kabylie peut être considérée comme l'une des régions les plus arrosées d'Algérie. [27]

Comme la région de Djurdjura la pluviométrie est plus importante (altitude >1000m). Les quantités de pluies reçues accompagnées de neige varient de 1500 à 2000 mm/an, tandis que la zone littorale et piémonts, présentent des précipitations moindres qui oscillent entre 800 et 900 mm/an. [27]

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, altitude, latitude, longitude et distance à la mer

La quantité de pluie augmente avec l'altitude, elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine (répartition orographique ou hypsométrique) ; mais, elle est plus élevée sur les versants bien orientés face aux vents pluvieux du NW, que sur les autres.

La pluviométrie est plus importante sur le littoral, que dans les régions situées plus au sud ; l'Algérie, en effet, dresse sur son littoral les pentes de la chaîne tellienne, qui reçoit de plein fouet les flux perturbés et fait écran aux plaines et bassins intérieurs. Il y a une décroissance rapide des pluies à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers l'intérieur du pays (sous l'effet combiné de la latitude, de l'éloignement de la mer et de la continentalité). [28]

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Cette variabilité est due à l'existence de gradients :

- Un gradient longitudinal : la pluviosité augmente d'Ouest en Est (450 mm/an à Oran plus de 1000 mm/an à Annaba). Ce gradient est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme écran et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie.
- Un gradient latitudinal : les précipitations moyennes annuelles varient de 50mm dans la région du M'Zab à 1 500mm à Jijel. Cette diminution du littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques.
- Un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer. [29]

I-Introduction :

L'analyse des précipitations avec une résolution quotidienne en ALGERIE est un sujet de grand intérêt en raison des problèmes hydrologiques résultant de la forte intensité et la mauvaise répartition temporelle des précipitations. Ces problèmes étant à leur tour produits par la concentration d'un grand pourcentage du total annuel dans quelques jours très pluvieux, séparés par de longues périodes de sécheresse.

Cet intérêt n'est pas seulement climatologique, il affecte également d'autres domaines de l'environnement et la société. Par exemple, le niveau d'agressivité des précipitations sur le sol dans des environnements avec une végétation clairsemée est directement lié à l'intensité et à la répartition temporelle. De même, un important débat est actuellement en cours concernant l'élaboration du Plan National de l'Eau en ALGERIE, visant à redistribuer les ressources en eau entre les bassins ayant des flux pluviométriques différents et très variables.

II-Région d'étude :

II-1-Le réseau d'observation météorologique en Algérie:

Pour assurer une surveillance continue de l'atmosphère, l'Office National de la Météorologie (O.N.M) a mis en place et exploite un réseau de stations d'Observation météorologiques couvrant les différentes régions climatiques du pays et comprenant :

- **77** stations d'observation en surface
- **12** stations d'observation en altitude
- **3** stations de recherche et d'observation spéciales (Tamanrasset, Tiaret, ksar chellala)
- **5** radars météorologiques (un parmi eux c'est un radar do plaire) et plus de **400** postes climatologiques
- **296** postes climatologiques dont **117** stations automatiques et **179** postes conventionnels.

[30]

Les critères de choix des stations sont basés sur trois critères essentiels :

- Données d'observations complètes ou quasi complètes.
- Stations professionnelles.
- Répartition spatiale uniforme.

Les séries d'observations des postes auxiliaires étant soit lacunaires soit douteuses, on utilisera autant que possible les données recueillies par les stations

professionnelles. Cependant, le déséquilibre dans la distribution spatiale des stations impose parfois de prendre en compte les données des postes auxiliaires .[31]

II-2-Présentation des bassins versants en Algérie :

Afin d'atteindre notre objectif, la connaissance des différents bassins versant d'Algérie est indispensable étant donné que la pénurie saisonnière de l'eau a une incidence considérable sur la distribution de l'eau. L'Algérie est subdivisée en 17 bassins versants qui peuvent être regroupés dans trois catégories (voir la carte ci-dessous) :



Figure .7. Les bassins versants en Algérie [32].

- Le bassin méditerranéen qui comporte les bassins versants de l'Atlas et le littoral Sahélien. L'apport annuel dans ce bassin est estimé à 11 milliards de m³.
- Le bassin endoréique regroupe les bassins versants des hautes plaines où la plus grande partie des eaux sont évaporés et l'apport annuel de ce bassin ne dépasse pas 700 millions de m³.
- Le bassin saharien qui représente les oueds qui drainent les bassins du sud de l'Atlas, les oueds des Monts de Ksour et Ghir. L'apport annuel de ces bassins est estimé à 650 millions de m³ [32].

II-3-Base de données :

Pour un bassin versant donné ou une région donnée, les stations pluviométriques forment un réseau d'observation. Elles fournissent des mesures ponctuelles. Les données relatives aux stations sont d'une haute importance pour les statistiques climatiques, la planification et la gestion des ressources et les projets de construction ; la nature et la densité des réseaux doivent donc tenir compte du phénomène observé, du but des observations, de la précision désirée, de la topographie, de facteurs économiques ou d'autres encore.

La représentativité des précipitations par les mesures est fonction du réseau d'observation. Plus celui-ci est dense, meilleure est l'information et plus l'ensemble des mesures est représentatif de la lame d'eau tombée sur une surface donnée. Cependant le réseau est le résultat d'un compromis entre la précision désirée et les possibilités ou charges d'exploitation. Le réseau devra donc être planifié. Il existe plusieurs théories sur la planification optimale d'un réseau, mais elles donnent des résultats approximatifs, qui doivent toujours être adaptées aux contraintes locales et financières.

L'hydrologue devra donc faire appel à son expérience de terrain pour planifier un réseau. Il tiendra compte du relief et du type de précipitations (frontales, orographiques, convectives). Il s'assurera également des facilités d'accès, de contrôle et de transmission des informations (par l'homme ou par télétransmission : téléphone, satellite, etc.) [33].

Nous avons pris en compte pour reconstruire la distribution spatiale des précipitations les valeurs journalières mesurées au niveau des 37 stations pluviométriques en Algérie. Ces données ont été téléchargées à partir du site internet [Freemeteo.com](http://freemeteo.com). [34]

Ce site comprend plusieurs données climatiques (précipitations, température, hauteur de neige etc.....) pour 114 stations climatiques. Seules 37 stations proposent des données sans lacunes d'une durée supérieure à 30 années. Celles-ci offrent l'avantage d'avoir une répartition plus ou moins homogène pour couvrir l'ensemble du territoire Algérien (Tableau 4 et figure 8).

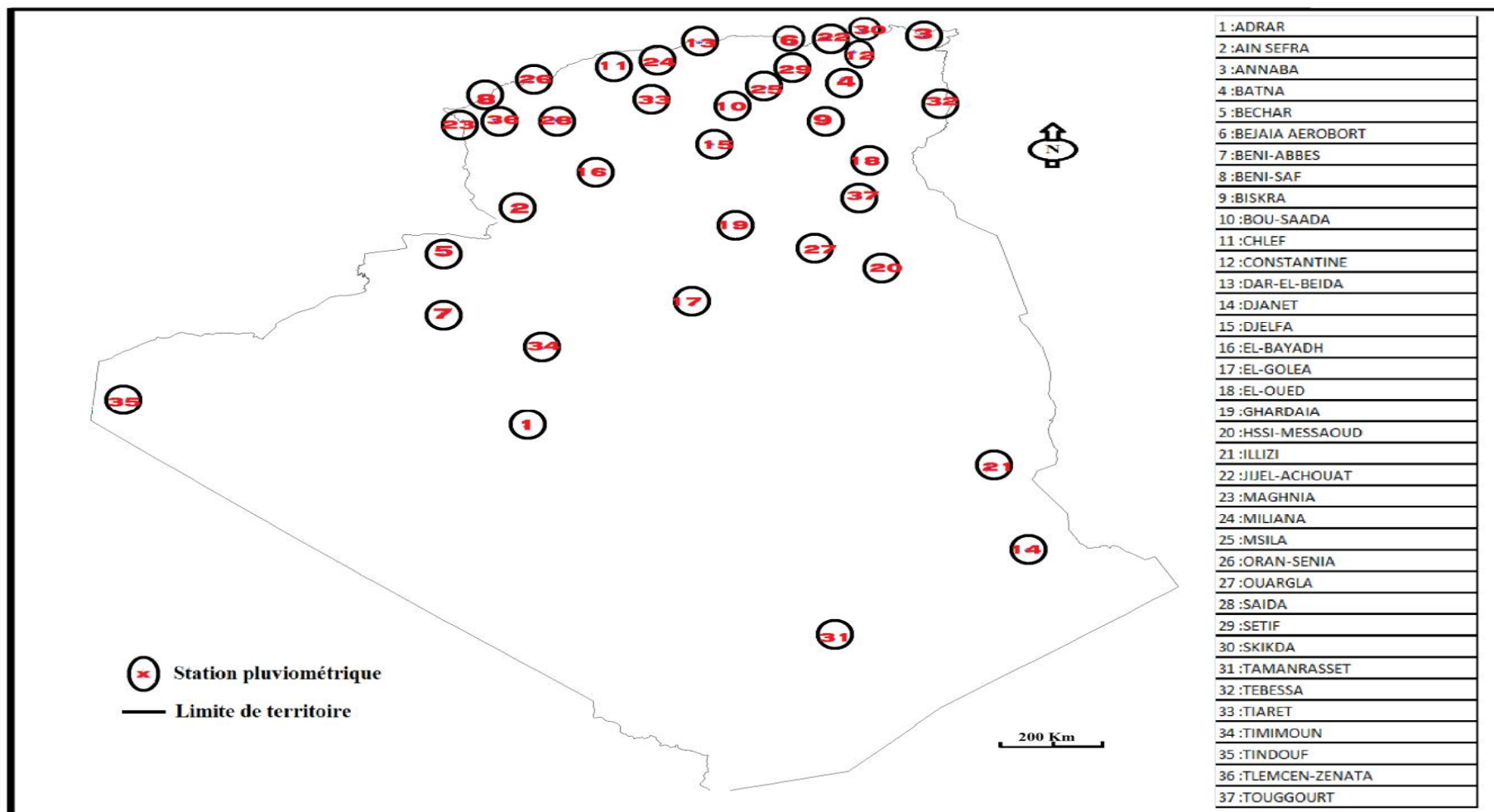


Figure. 8. Répartition des stations pluviométriques utilisées.

Tableau.4. Coordonnées des stations pluviométriques utilisées et nombre moyen des journées pluvieuses.

N°	Station	Longitude (°)	Latitude (°)	Altitude (m)	N. jour .moy/an
1	ADRAR	-0.18	27.88	283	4
2	AIN SEFRA	-0.60	32.67	1 059	33
3	ANNABA	7.81	36.83	4	92
4	BATNA	6.31	35.75	826	63
5	BECHAR	-2.25	31.15	816	21
6	BEJAIA AEROPORT	5.06	36.71	3	88
7	BENI-ABBES	-2.16	30.13	505	9
8	BENI-SAF	-1.35	35.30	70	48
9	BISKRA	5.73	34.80	89	27
10	BOU-SAADA	4.20	35.33	461	30
11	CHLEF	1.33	36.21	144	55
12	CONSTANTINE	6.61	36.28	694	85
13	DAR-EL-BEIDA	3.21	36.68	29	80
14	DJANET	9.46	24.26	970	4
15	DJELFA	3.38	34.33	1 195	62
16	EL-BAYADH	1.00	33.68	1 347	63
17	EL-GOLEA	2.86	30.56	403	10
18	EL-OUED	6.78	33.50	69	17
19	GHARDAIA	3.80	32.40	469	21
20	HSSI-MESSAOUD	6.15	31.66	144	10
21	ILLIZI	8.41	26.50	544	5
22	JIJEL-ACHOUAT	5.88	36.80	10	92
23	MAGHNIA	1.78	34.81	426	45
24	MILIANA	2.23	36.30	721	84
25	MSILA	4.50	35.66	442	29
26	ORAN-SENIA	-0.60	35.63	91	60
27	OUARGLA	5.40	31.93	148	8
28	SAIDA	0.15	34.86	752	63
29	SETIF	5.25	36.18	1 040	83
30	SKIKDA	6.90	36.88	3	85
31	TAMANRASSET	5.43	22.80	1 364	12
32	TEBESSA	8.11	35.41	823	73
33	TIARET	1.46	35.35	978	75
34	TIMIMOUN	0.28	29.25	317	5
35	TINDOUF	-8.16	27.70	439	7
36	TLEMCEN-ZENATA	-1.46	35.01	247	56
37	TOUGGOURT	6.13	33.11	92	13

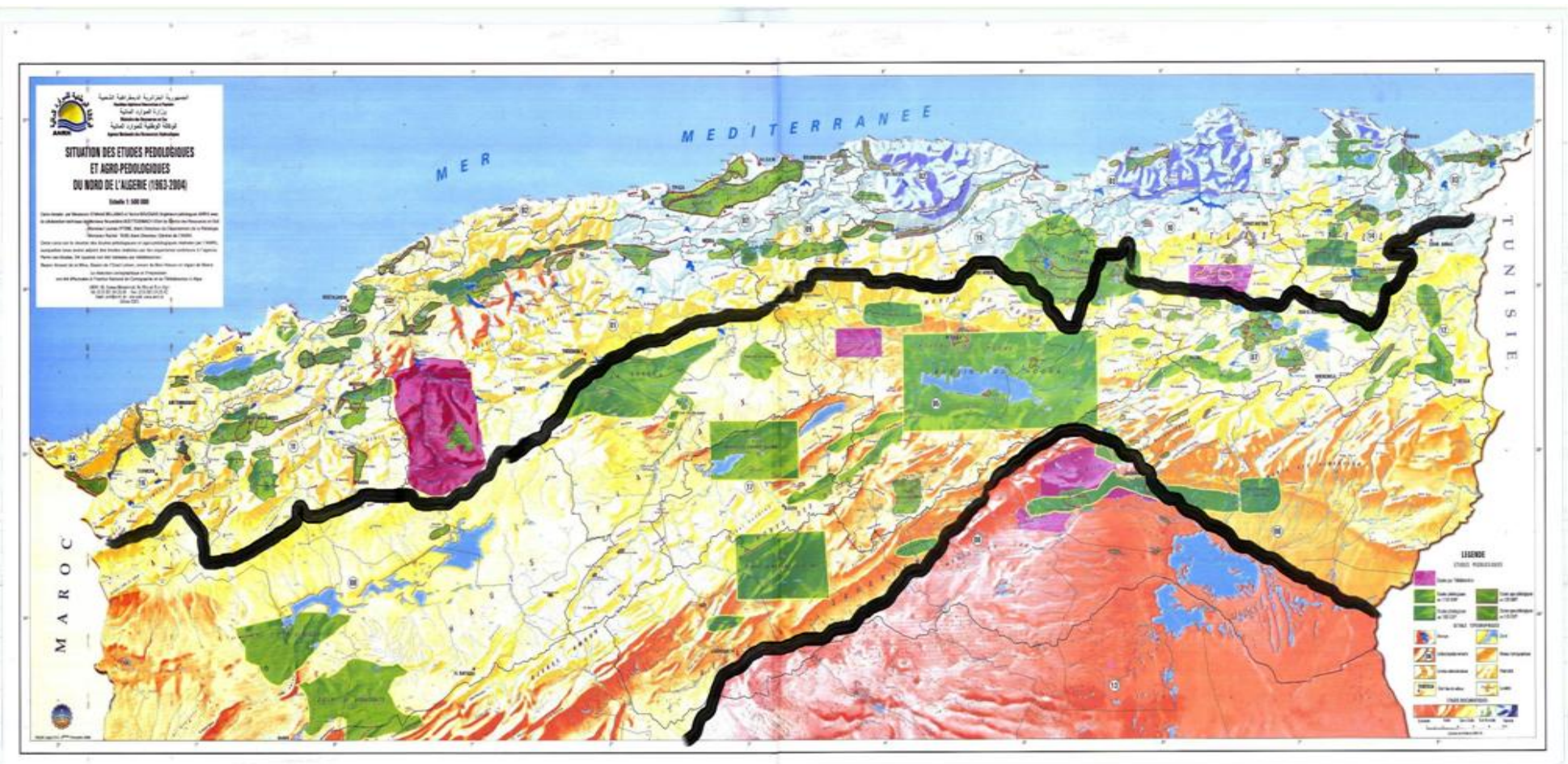


Figure. 9. Carte des zonages climatique [35].

En se basant sur les figure 7 et 9 on a partagé la zone étude selon trois compartiments et ces de derniers se distinguent avec un ou plusieurs étages climatiques :

La zone I qui comporte 3 étages :

Humide : par exemple Jijel avec des valeurs au delà de 822 mm.

Subhumide : par exemple Annaba avec des valeurs qui varient entre 611 et 736 mm.

Semi-humide : par exemple Tlemcen, Sétif avec des valeurs qui varient entre 242 et 506 mm.

La zone II qui comporte 2 étages :

Semi- aride : par exemple Djelfa 272 mm.

Aride : par exemple Msila 115 mm.

La zone III qui comporte un seule étage :

Saharien : par exemple Djanet avec des valeurs qui varient entre 26 et 163 mm.

- Zone à climat tempéré du type Méditerranéen (tell) : Elle comprend 13 stations : BENI-SAF, BEJAIA AEROPORT, ANNABA, BOU-SAADA, CHLEF, DAR-EL-BEIDA, JIJEL-ACHOUAT, MILIANA, ORAN-SENIA, SAIDA, SKIKDA, MAGHANIA, TLEMCEN-ZENATA .
- Zone à climat continental (les hautes plaines) : Elle est occupée par 9 stations : CONSTANTINE, BATNA, EL-BAYADH, MSILA, DJELFA, SETIF, TIARET, AIN SEFRA, TEBESSA.
- Zone à climat sec (Sahara) : Elle est équipée par 15 stations qui sont : BENI-ABBES, BECHAR, ADRAR, BISKRA, DJANET, EL-GOLEA, EL-OUED, GHARDAIA, HASSI-MESSAOUD, ILLIZI, OUARGLA, TINDOUF, TAMANRASSET, TIMIMOUN et TOUGGOURT.

III-Etude de la variation des précipitations :

III-1- La variabilité des précipitations en Algérie :

Les précipitations diminuent du nord au sud et d'est en ouest. Les moyennes Pluviométriques annuelles de 32 ans varient de moins de 31 mm dans les régions sahariennes à plus de 822 mm dans certaines localités du nord. Cette variation dépend de la latitude, de la continentalité et du relief.

Le nord-ouest de l'Algérie est situé en latitude à l'abri de la dorsale du moyen Atlas-Rif du Maroc. Le relief très accidenté de la région d'étude constitue de nombreux abris aux influences de la mer [36]. Ces deux facteurs ont un effet direct sur la variabilité spatiale de la pluviométrie ainsi que sur la réduction des précipitations dans la zone. Les vents sont de direction W-NW en hiver, et les vents d'est responsables de fortes précipitations sont rares en cette saison. Les vents de nord-est sont fréquents en été. Ils génèrent des pluies faibles. La circulation atmosphérique est sous l'influence de l'anticyclone des Açores et l'anticyclone saharien d'altitude [36].

La partie nord de l'Algérie est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. La pluviométrie annuelle atteint 284 mm à l'ouest, 611 mm au centre et 657 mm à l'est pour le littoral.

Ce type de climat concerne également les chaînes de l'Atlas tellien où l'on enregistre sur les sommets orientaux des totaux variant de 800 à 1 600 mm, alors que les valeurs s'abaissent vers le centre (600 à 1 000 mm) et vers l'ouest (600 mm). [37,38]

Dans les plaines de l'Atlas tellien, la pluviométrie varie de 320 mm à l'ouest, 322 mm au centre et 506 mm à l'est. L'Atlas saharien se distingue par un climat très chaud et sec en été, doux en hiver avec une pluviométrie moindre par rapport au nord du fait de son éloignement de la mer.

III-2-Variabilité des précipitations à l'échelle annuelle, saisonnière, mensuelle :

III-2-1- Variabilité annuelle de la pluviométrie :

La pluviométrie d'une année est définie par la somme de la hauteur des précipitations mensuelles. Les valeurs moyennes annuelles varient d'une année à l'autre. L'analyse du tableau 5 présentant les valeurs des précipitations moyennes annuelles, minimales annuelles, maximales annuelles, maximales journalières ainsi que les valeurs des coefficients de variation annuels pour les 37 stations météorologiques durant la période d'étude entre 1982 et 2012 permet, pour chaque zone, de tirer les conclusions suivantes :

- Pour la zone tempérée, la précipitation annuelle varie entre 134 et 822 mm. Cela qui correspond à un Cv qui varie entre 0,238 (Skikda) et 0,53 (Boussaâda).
- Pour la deuxième zone à climat continental, la précipitation annuelle varie entre 115 et 506 mm. Cela correspond à un Cv qui varie entre 0,22 (Setif) et 0,523 (Ain Sefra).
- Pour la troisième zone (stations se trouvant dans le Sahara), le climat est aride. La précipitation annuelle varie entre 28 et 163 mm. Cela correspond à un Cv qui varie entre 0,546 (Biskra) et 2,02 (Adrar).

En comparant les trois zones, nous avons trouvé que la précipitation annuelle atteint sa valeur maximale pour une station qui se trouve dans un climat méditerranéen (Jijel : 822mm). La valeur minimale de la précipitation correspond à une station qui se trouve dans un climat aride (Djanet : 28mm).

Tableau .5. Précipitations moyennes annuelles P_a , Précipitations minimales annuelles P_{min} , Précipitations maximales annuelles P_{max} , Précipitations maximales journalières P_{jmax} et coefficients de variation CV, pour les 37 stations météorologiques (période 1982-2012)

N°	STATION	P_a	P_{min}	P_{max}	P_{jmax}	CV
1	Adrar	31	1	173	103	2.02
2	Ain Sefra	161	18	421	161	0.523
3	ANNABA	657	398	1033	285	0.239
4	BATNA	304	118	595	148	0.386
5	BECHAR	107	7	203	100	0.557
6	BEJAIA AEROPORT	736	262	1234	138	0.282
7	BENI-ABBES	43	2	166	105	0.975
8	BENI-SAF	284	54	457	92	0.363
9	BISKRA	153	45	329	194	0.546
10	BOU-SAADA	134	24	298	100	0.531
11	CHLEF	322	132	583	201	0.353
12	CONSTANTINE	506	301	912	184	0.304
13	DAR-EL-BEIDA	611	255	985	223	0.315
14	DJANET	28	1	170	108	1.391
15	DJELFA	272	87	424	111	0.294
16	EL-BAYADH	291	105	552	176	0.385
17	EL-GOLEA	89	5	545	90	1.286
18	EL-OUED	81	15	353	222	0.871
19	GHARDAIA	163	9	1005	201	1.163
20	HSSI-MESSAOUD	56	9	234	194	0.827
21	ILLIZI	31	1	116	107	0.880
22	JIJEL-ACHOUAT	822	101	1208	126	0.341
23	MAGHNIA	242	14	420	100	0.478
24	MILIANA	629	302	942	120	0.283
25	MSILA	115	44	276	81	0.498
26	ORAN-SENIA	344	213	483	174	0.248
27	OUARGLA	63	0	341	316	1.032
28	SAIDA	323	13	500	195	0.376
29	SETIF	401	172	621	133	0.227
30	SKIKDA	650	206	909	136	0.238
31	TAMANRASSET	69	3	202	143	0.739
32	TEBESSA	367	160	618	120	0.287
33	TIARET	339	155	546	204	0.311
34	TIMIMOUN	31	0	126	70	1.126
35	TINDOUF	42	0	149	90	1.055
36	TLEMCEN-ZENATA	320	130	546	258	0.305
37	TOUGGOURT	88	9	425	225	1.042

III-2-2- Variabilité saisonnière de la pluviométrie :

L'étude de la variabilité saisonnière est indispensable, pour voir si la baisse ou la hausse de la pluviométrie est spécifique à une saison particulière ou à plusieurs saisons, cela permet de mieux visualiser la chronologie des totaux de pluies saisonnières dans le temps.

Nous avons évalué la variabilité des précipitations saisonnières en pourcentage pour une durée s'étalant de 1982 à 2012 dans les stations disponibles.

On considère toujours que la région d'étude est formée des trois zones déjà citées :

Zone 1 :

La variabilité des précipitations change sensiblement d'une station à l'autre, la figure 10 montre la variabilité saisonnière des précipitations. En effet, au cœur de la saison pluvieuse (hiver) formé des mois de décembre, janvier et février à climat méditerranéen, on remarque que presque toutes les stations connaissent un maximum hivernal. Ces stations sont positionnées à la façade de la mer. La valeur maximale du pourcentage de la précipitation est obtenue par la station de Skikda, Bejaia Aéroport, Jijel-Achouat et Miliana. Toutes ces stations ont une variabilité positive de précipitation sauf dans les deux stations de Bous-Saada et Tébessa où elle est négative par ce qu'elles se trouvent dans la région intérieure d'ALGERIE.

En automne la variabilité des précipitations change mais on ne note pas une grande différence entre stations (11% et 40%).

Au printemps, la variabilité augmente pour quelques stations telles que celle de Bou-Saada. Pour les autres stations, elle se situe entre (2% et 21%), mais dans le sens opposé (anomalies négatives) notamment en mars, puis elle diminue légèrement aux stations de (Bejaia - Aéroport, Annaba, Jijel-Achouat et Skikda) par ce que ces stations accumulent de très fortes précipitations durant la saison d'hiver.

En été, les précipitations sont déficitaires. Ça veut dire que cette saison est sèche.

Enfin, on remarque que les influences maritimes facilitent la formation de la pluie en hiver principalement dans les régions littorales.

On observe que les précipitations est importante en hiver, moyenne en l'automne et au printemps et minimale en été.

Par exemple, la valeur maximale des précipitations est obtenue à la station de Skikda (pendant l'hiver), et la valeur minimale est obtenue à la station de Beni Saf (pendant l'été).

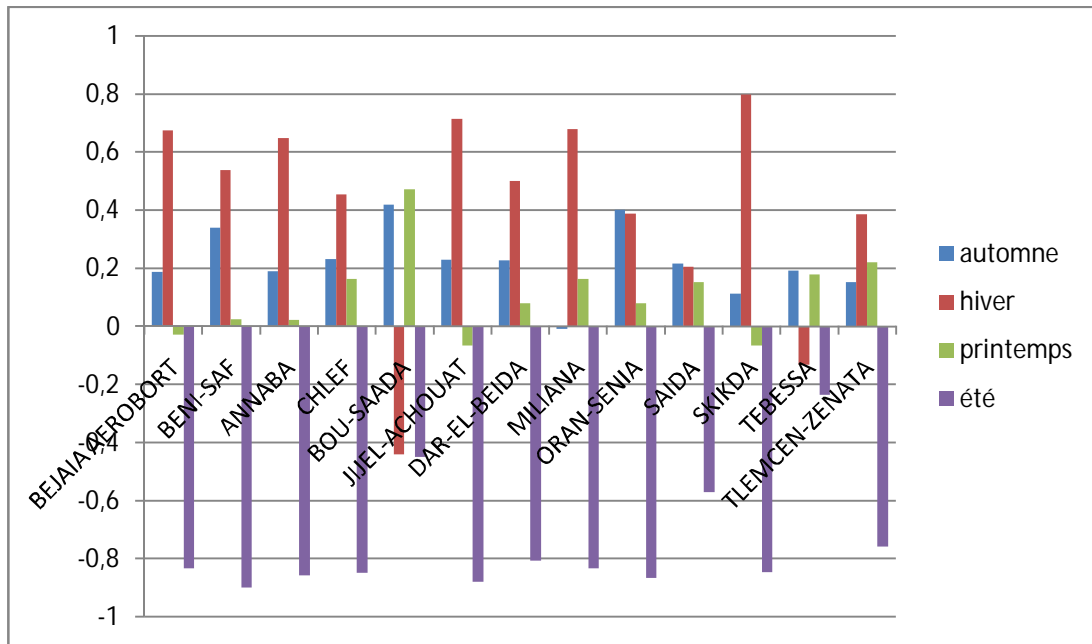


Figure .10. Variabilité saisonnière de la zone1.

Zone 2 :

La figure 11 montre que la précipitation du climat continental pour les quatre saisons de l'année. L'examen cette figure, permet de constater qu'en automne où il ya un pourcentage plus élevé de pluie dans la station de Ain-sefra de valeur 46 % et les stations qui restent ont des valeurs moyennes variant entre 3 % et 34 % sauf deux stations Batna et Constantine est un pourcentage négatif parce que ces stations sont situées dans la région des hautes Plaines.

En hiver, la pluviométrie est la plus importante relativement aux autres saisons. Le pourcentage maximal est enregistré à station de Constantine (51%). Les autres stations sont varie entre varie entre (7 et 32%) sauf quatre stations El-Bayadh, Djelfa, Tebessa et Ain Sefra sont négatives pourcentages Parce qu'ils tombent dans la zone de la porte du désert.

Le printemps cette la saison qui est un moyen pourcentage pour toutes les stations de cette zone 2 de climat continental et varie entre (8 et 27%).

À l'été, elle est négatif pourcentage de pluies. Ça veut dire cette saison est sèche.

On remarque que les précipitations est importante pour l'hiver et l'automne, moyenne pour le printemps et minimale pour l'été.

La valeur maximale des précipitations est obtenue à la station d'Ain-Sefra (pendant l'automne) et la valeur minimale est obtenue à la station de Maghnia (pendant l'été).

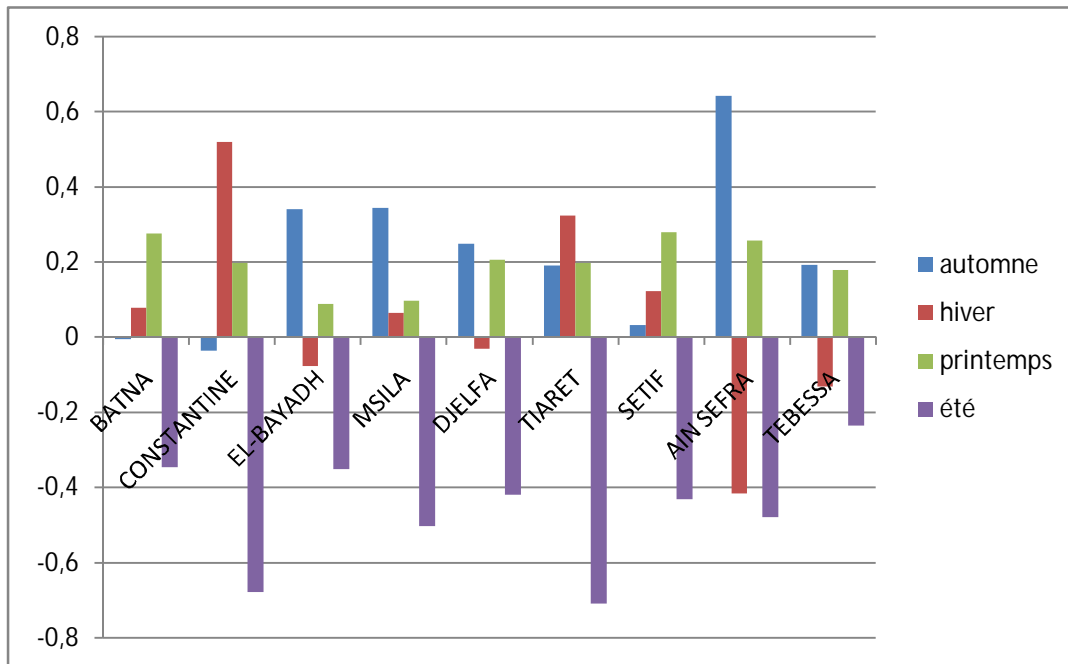


Figure .11 . La variabilité saisonnière de la zone 2.

Zone3 :

La figure 12 montre la variabilité saisonnière des précipitations dans la zone à climat aride ou sec pour les quatre saisons de l'année.

En automne, on remarque que la plupart des stations ont connu une pluviométrie assez forte, on citera par exemple les stations de Tindouf, Bechar et Biskra. Cependant ; il y en a d'autres qui ont connu une faible pluviométrie principalement pour Djanet, El Golea, Illizi et Tamanrasset.

Pour la saison hivernale, on note qu'il n'y a pas de précipitation dans la majorité des stations à part six stations qui ont connu une précipitation assez modérée : El-Oued (0,05) et El-Golea (0,31).

Pour la saison printanière, on remarque qu'il y a une tendance des pluies vers les valeurs positives (contribution élevée) avec un max égal à 0,95, à part trois stations qui ont connu des valeurs négatives Tindouf, Ghardaïa et Hassi Messaoud.

Pour la saison estivale, on remarque que la plupart des stations ont une tendance vers les valeurs faibles à part quatre les stations qui ont des valeurs positives avec un max 0,55 de Tamanrasset.

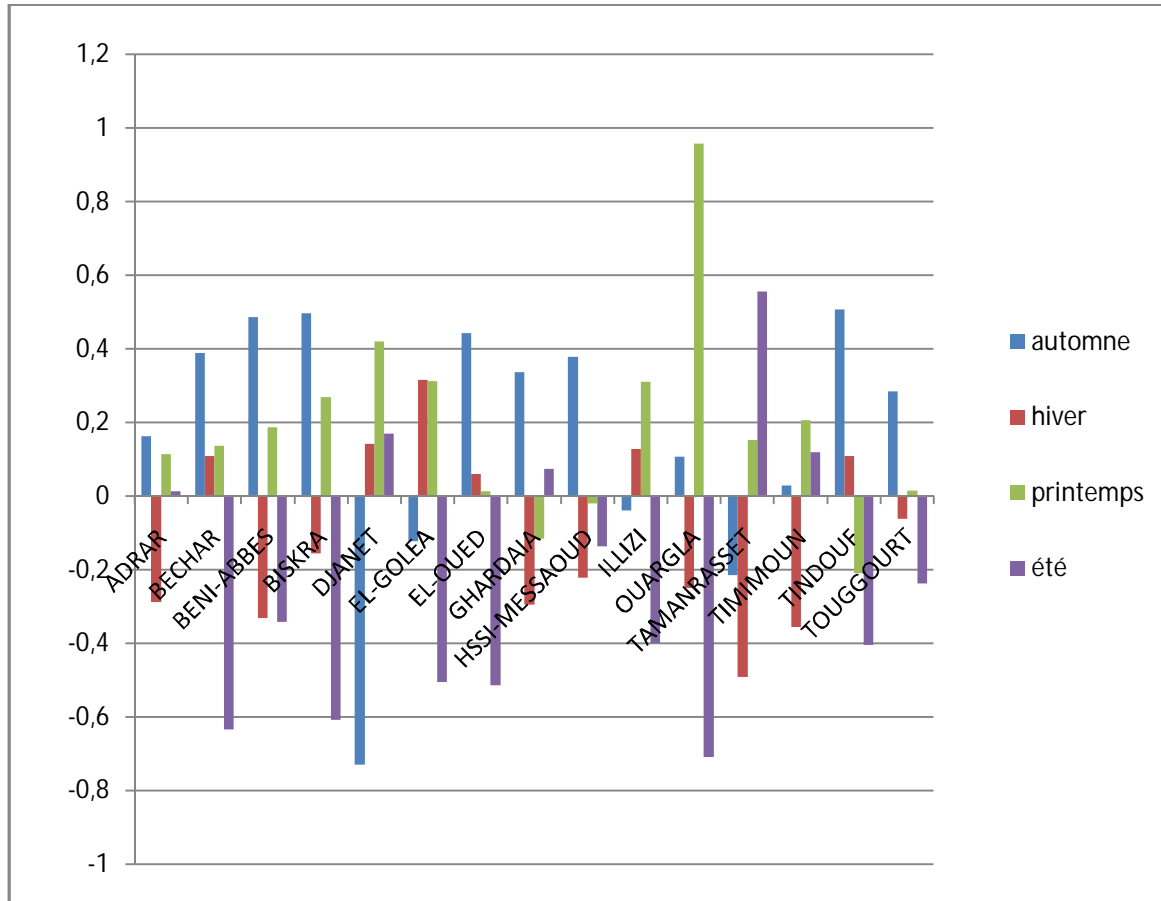


Figure. 12. La variabilité saisonnière de la zone 3.

Pour les trois zones, nous avons remarqué que la précipitation est nulle dans la saison d'été, importante pendant l'hiver et l'automne et elle est moyenne pour la saison du printemps.

III-2-3. Variabilité mensuelles de la pluviométrie :

L'analyse des précipitations mensuelles revêt une importance capitale dans la mesure où elle permet de saisir l'évolution de la pluviométrie au cours de l'année. En effet, la connaissance du début et de la fin de la saison des pluies constitue un fait majeur.

Au cœur de la saison pluvieuse (hiver, l'automne) les mois les plus pluvieux sont octobre et novembre et décembre. Une variabilité des précipitations plus faible est enregistrée en juin, juillet et aout, bien qu'elle soit légèrement supérieure à celle de l'automne. La répartition de la variabilité change sensiblement d'un mois à l'autre avec des oppositions entre les régions.

Après l'étude que nous avons faite sur la précipitation pour chaque saison, nous avons pensé à analyser la précipitation pour chaque mois de l'année et pour toutes les régions.

Zone 1 :

La figure13 présente les variabilités mensuelles des précipitations pour la zone méditerranéenne. On remarque que les mois de novembre, décembre et janvier sont les mois les plus pluvieux pour la majorité des stations ce qui est logique car elle appartient à la saison hivernale par contre on note qu'il y a une faiblesse pluviométrique pour les autres mois des saisons printanière et estivale.

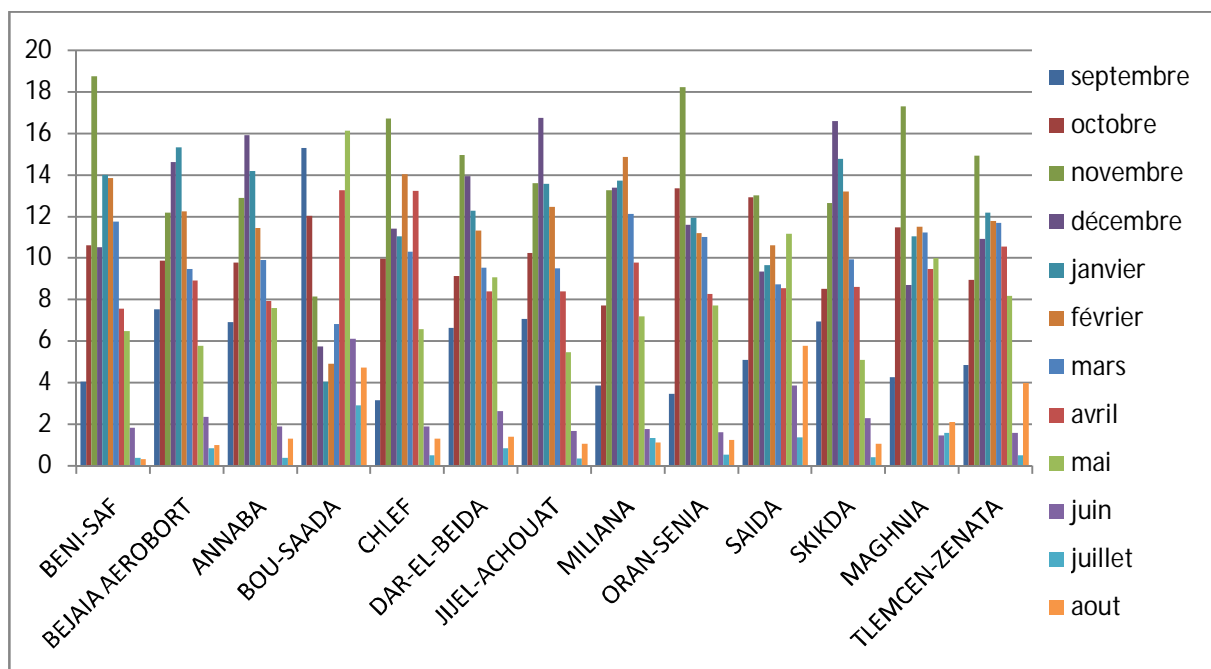


Figure .13. Les variabilités mensuelles de la zone 1.

Zone 2 :

La figure 14 présente la variabilité mensuelle des précipitations pour la zone continentale.

On remarque que la répartition de la pluviométrie pour tous les mois de l'année est équilibrée à part les mois de la saison estivale qui ont connu une pluviométrie faible.

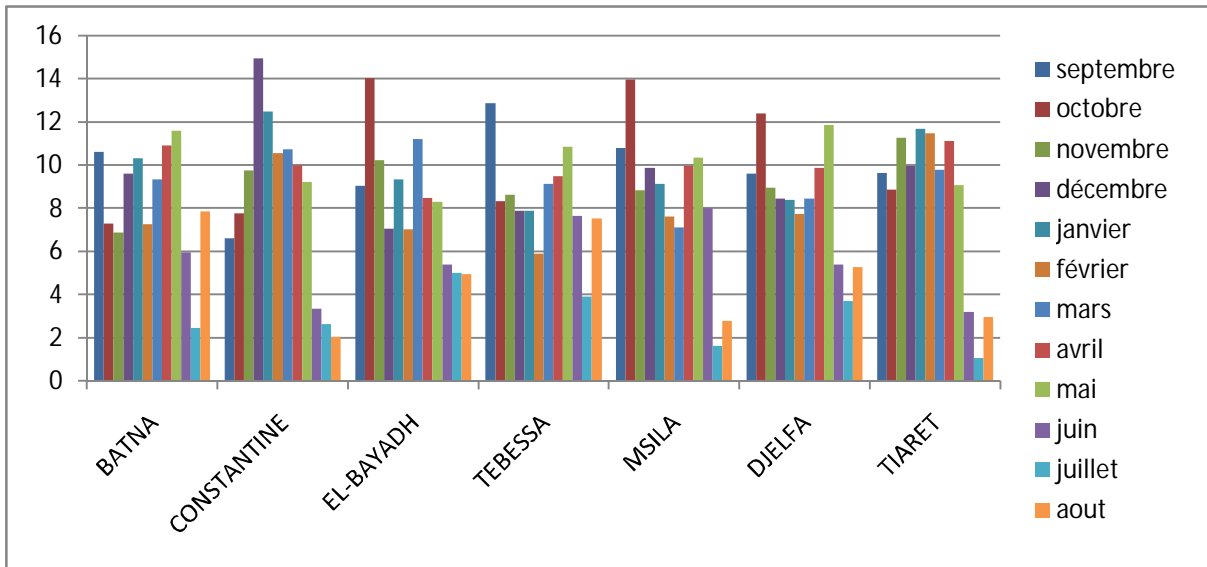


Figure .14 . Les variabilités mensuelles de la zone 2.

Zone3 :

La figure 15 présente les variabilités mensuelles des précipitations pour la zone sèche ou aride.

On note que l'évolution des stations pluviométriques du sud est très désordonnée puisqu'il y a une variabilité mensuelle très importante.

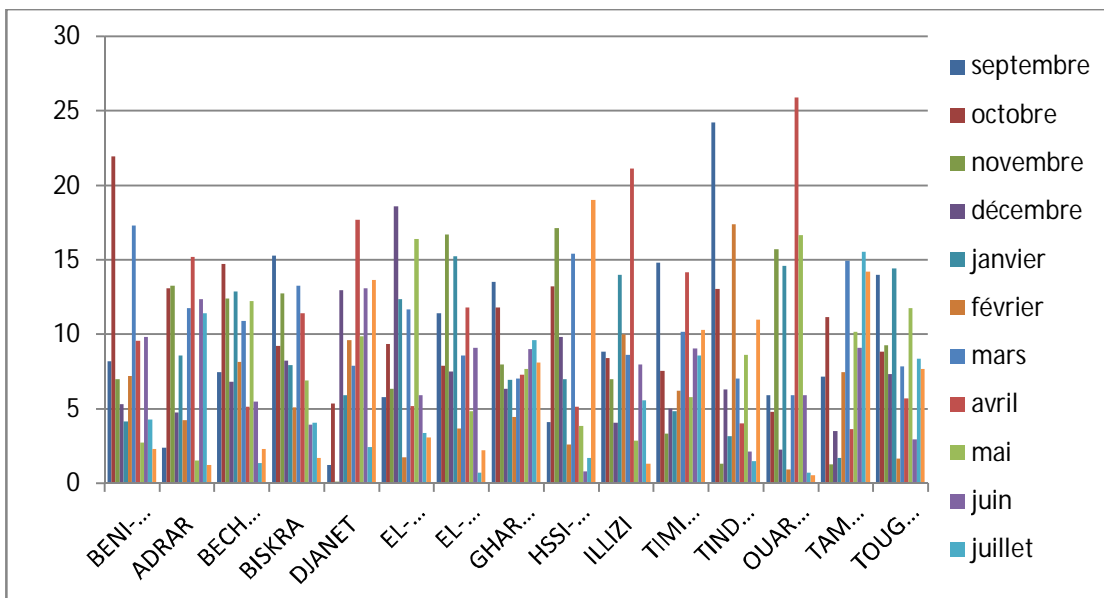


Figure.15. Les variabilités mensuelles de la zone 3.

III-3 -La relation entre les précipitations et la latitude :

On note que la précipitation moyenne annuelle en fonction de la latitude suit la loi exponentielle :

$$P_{moy} = 0,057e^{0,24 Lat}$$

Avec un : $R^2 = 0,734$

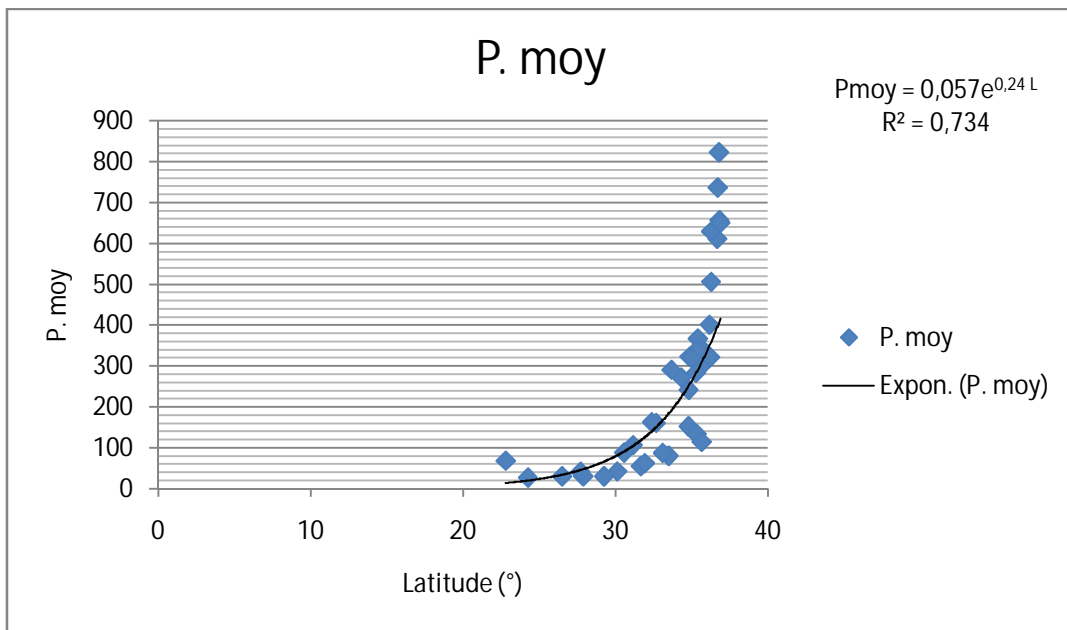


Figure.16. Évolution de la précipitation moyenne annuelle en fonction de la latitude.

On note qu'il y a une proportionnalité réciproque entre les deux paramètres. Mais dans la zone saharienne on remarque l'augmentation de pluie est faible par rapport à la latitude.

III-4 -La relation entre les précipitations et le nombre de jours de pluie :

La variation des précipitations en fonction du nombre de jours de pluie est une droite qui ne passe pas par l'origine. Les précipitations varient énormément dans le temps et dans l'espace. Les changements de précipitation se produisent comme la conséquence de processus dynamiques. Par exemple, le vent qui souffle d'une haute altitude vers une basse altitude ; il se produit alors une compression de l'air et un réchauffement. Ce changement de température crée une condensation de la vapeur d'eau. D'autre part le nombre des jours, il a une influence sur les précipitations.

Le nombre moyen annuel de jours de précipitations et la distribution annuelle de ces dernières mettent en évidence la brièveté relative des périodes pluvieuses, notamment dans les stations où les écarts à la moyenne annuelle sont les plus grands, c'est à dire celle des secteurs les moins arrosés. [19]

Comme l'indique le tableau 4, le nombre moyen de jours de pluies durant l'année varie entre 4 à 92. Toutes les stations qui accusent les hauteurs annuelles élevées ont des valeurs oscillant entre 50 et 90. C'est dans la vallée que l'on rencontre les nombres les plus faibles, 21 à Ghardaia et Djanet avec 4 années sans pluie. Dans les basses altitudes du nord, Oran-Senia à l'ouest et Setif au centre et Skikda à l'est, on compte respectivement 60 et 83 et 85 jours.

On note un accroissement, généralement de l'ouest à l'est, de Maghnia qui n'atteint que 40 jours seulement, Beni-Saf : 48, Chlef : 55, Setif : 83, seule Annaba enregistre 92 jours. Par ailleurs, on note aussi un décroissement, généralement du nord vers le sud, de Dar-El-Beida qui atteint 80, Djelfa : 62, seule Tamanrasset enregistre 12 jours.

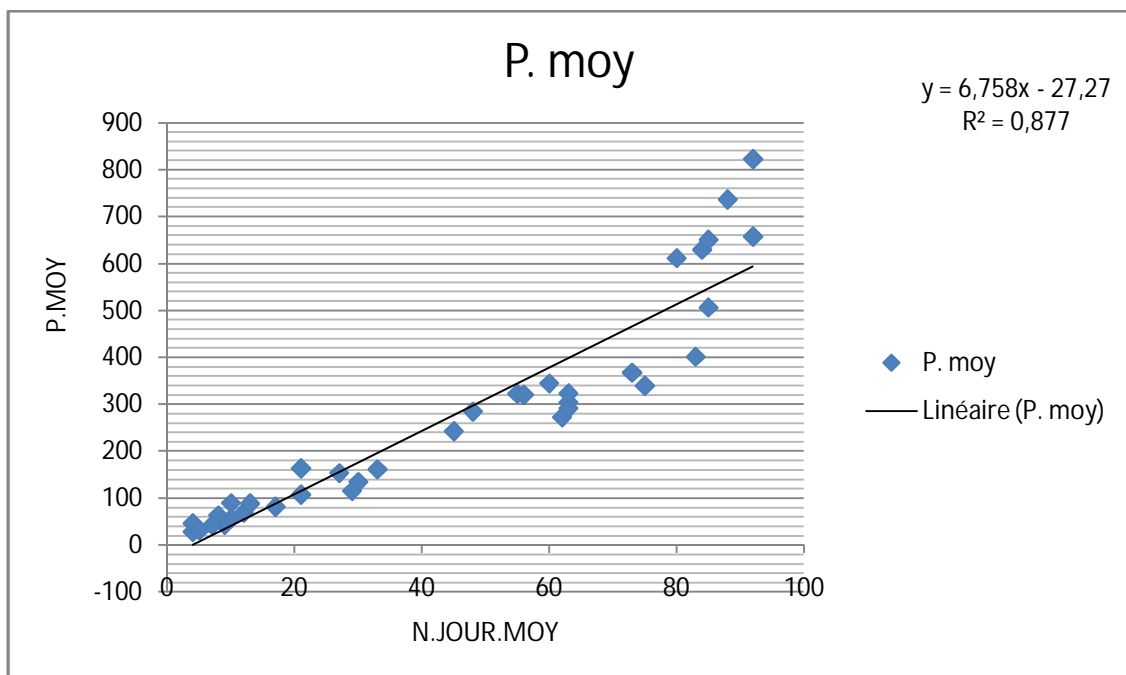


Figure. 17. Relation entre les précipitations moyennes et le nombre de jours de pluie à l'échelle annuelle.

La figure 17 représente la moyenne des précipitations annuelles de toutes les stations en fonction du nombre de jours de pluie. La correspondance entre les 2 paramètres se traduit par l'équation suivante :

P.MOY=6, 758X-27, 27

Avec **X** : le nombre des jours moyens.

$$R^2 = 0,877$$

La valeur minimale correspond à la station de Djanet qui a un moyenne nombre de jour qui est égale à 4.

La valeur maximale la plus proche de la droite correspond à la station d'Annaba qui a nombre mayen de jours de 92.

Pour cette relation on remarque que lorsque la moyenne de nombre de jours de pluie augmente la précipitation augmente El-Goléa (10,89 mm), Tlemcen-Zenata (56, 320 mm) et Miliana (84,629 mm).

III-5-La relation entre les précipitations moyenne et l'altitude :

La variabilité spatiale des précipitations et leur distribution sur la surface est un phénomène très présent. L'hétérogénéité spatiale de la quantité de pluie dérive de la complexité de la topographie locale qui peut se présenter sous différentes formes. La relation entre précipitations et altitude est influencée par la topographie. La relation entre précipitations et altitude est donc très variée en Algérie.

Il existe une grande différence d'altitude dans les stations algériennes. La plus basse a une altitude de 3 m (Skikda, Bejaia Aéroport) et la plus haute est de 1364 m (Tamanrasset) qui représentant dans le tableau -I. La précipitation est sous forme liquide ou solide varient en fonction de l'altitude et de la saison.

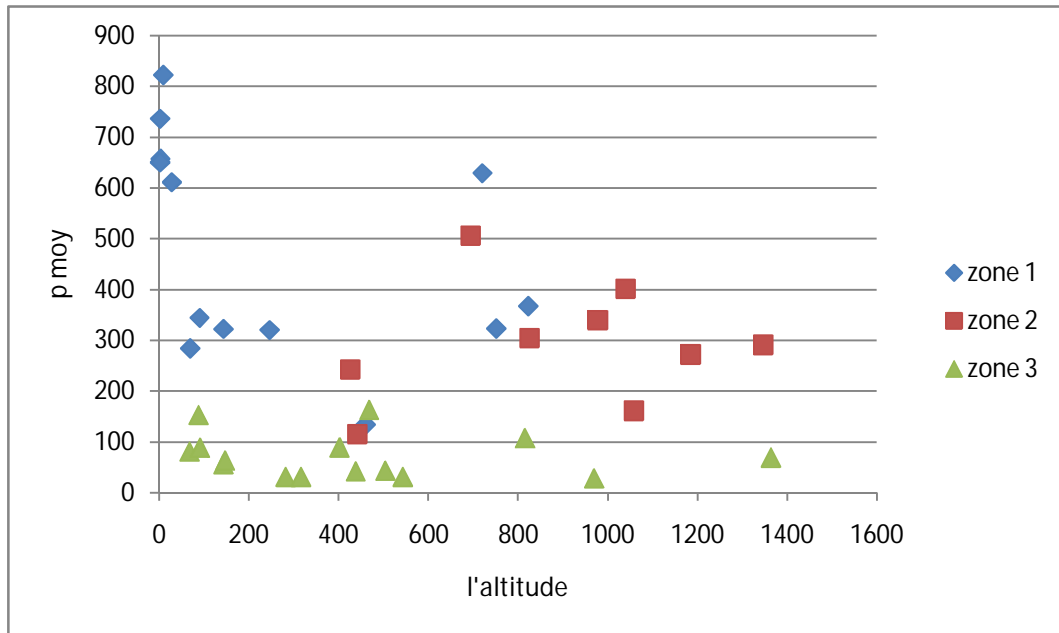


Figure .18. La variation entre la précipitation moyenne et l'altitude.

La figure 18 présente l'évolution de la précipitation moyenne annuelle en fonction de l'altitude. On remarque pour la zone 1 qu'il y a une forte pluviométrie malgré l'altitude faible des stations par exemple comparant les valeurs des stations de Skikda (3 m, 650 mm) et Jijel (10 m, 822 mm) avec les stations de Saida (752 m, 322 mm) et Tebessa (823 m, 367 mm).

Pour la zone 2 on remarque l'altitude augmente, la variation de la pluviométrie reste modérée à Maghnia (426 m, 242 mm) et El-Bayadh (1347 m, 291 mm). Pour la zone 3, on remarque que l'altitude varie entre faible et forte, la pluviométrie reste toujours minimale El-Oued (69 m, 81 mm) et Tamanrasset (1364 m, 69 mm).

VI. Tendances temporelles :

Ce travail s'appuie sur le traçage de la courbe des pluies moyennes interannuelles en fonction des années ; y après on opte pour l'ajustement d'une courbe de tendance linéaire $y = ax + b$ pour avoir une idée sur le changement climatique :

Si $a > 0$: tendance vers humidité.

Si $a < 0$: tendance vers aridité (sécheresse).

Si $a \sim 0$: pas de tendance.

Les coefficients négatifs indiquent un déficit qui varie d'une station à une autre car l'Algérie a connu une longue période de sécheresse qui a duré 10 ans (1982-1990).

Les coefficients positifs donnent l'impression qu'il y a un certain changement climatique par rapport à la période précédente (tendance vers humidité).

Tableau.6. Coefficient de tendance temporelle pour chaque station.

STATION	coefficient	déficit	Excédent
ADRAR	-0.1803	X	
AIN SEFRA	1.6596		X
ANNABA	-1.8977	X	
BATNA	2.1206		X
BECHAR	0.2307		X
BEJAIA AEROBORT	6.7927		X
BENI-ABBES	1.3341		X
BENI-SAF	6.0947		X
BISKRA	1.1656		X
BOU-SAADA	5.4559		X
CHLEF	4.4731		X
CONSTANTINE	-0.8311	X	
DAR-EL-BEIDA	-2.7281	X	

DJANET	0.5885		X
DJELFA	1.9081		X
EL-BAYADH	2.9644		X
EL-GOLEA	-2.4043	X	
EL-OUED	0.6033		X
GHARDAIA	-2.3088	X	
HSSI-MESSAOUD	-1.1242	X	
ILLIZI	0.7358		X
JIJEL-ACHOUAT	15.08		X
MAGHNIA	2.8796		X
MILIANA	7.7528		X
MSILA	3.629		X
ORAN-SENIA	3.192		X
OUARGLA	2.1928		X
SAIDA	8.1198		X
SETIF	3.5169		X
SKIKDA	-1.9686	X	
TAMANRASSET	-0.7519	X	
TEBESSA	3.1105		X
TIARET	8.1842		X
TIMIMOUN	0.0705		X
TINDOUF	1.7911		X
TLEMCEN-ZENATA	0.6773		X
TOUGGOURT	-1.6312	X	

IV- La concentration mensuelle de la pluie:

L'analyse du degré de concentration de précipitation tout au long de l'année est extrêmement importante pour son impact sur les phénomènes environnementaux tels que la répartition des précipitations saisonnières.

L'hétérogénéité de la pluviométrie mensuelle a été étudiée en utilisant l'indice de concentration de précipitation mis au point par Oliver [16] et modifié par De Luis et al (1997). L'indice modifié est exprimée comme suit :

$$PCI = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{12} Pm_i^2}{\left(\sum_{i=1}^{12} Pm_i \right)^2}$$

Où

Pm_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 inférieure 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 .7. Echelles d'appréciation de la concentration des pluies selon le PCI.

PCI	Concentration
8.3-10	Uniforme
10-15	Modérément saisonnière
15-20	Saisonnière
20-50	Fortement saisonnière
50-100	Irrégulière

Dans le tableau 8 on a étudié l'indice de concentration de précipitation (PCI) pour évaluer le caractère saisonnier de la précipitation dans la région d'étude.

Tableau .8. Indice de concentration des précipitations

Station	N°	P. moy	MOY PCI
ADRAR	1	31	63.47
AIN SEFRA	2	161	27.54
ANNABA	3	657	15.14
BATNA	4	304	14.81
BECHAR	5	107	29.98
BEJAIA AEROBORT	6	736	15.65
BENI-ABBES	7	43	42.18
BENI-SAF	8	284	20.39
BISKRA	9	153	26.12
BOU-SAADA	10	134	24.27
CHLEF	11	322	19.83
CONSTANTINE	12	506	14.47
DAR-EL-BEIDA	13	611	16.4

DJANET	14	28	59.81
DJELFA	15	272	15.65
EL-BAYADH	16	291	16.92
EL-GOLEA	17	89	44.76
EL-OUED	18	81	31.8
GHARDAIA	19	163	29.26
HSSI-MESSAOUD	20	56	45.55
ILLIZI	21	31	60.08
JIJEL-ACHOUAT	22	822	17.19
MAGHНИЯ	23	242	21.59
MILIANA	24	629	16.13
MSILA	25	115	22.7
ORAN-SENIA	26	344	19.58
OUARGLA	27	63	50.731
SAIDA	28	323	20.85
SETIF	29	401	13.36
SKIKDA	30	650	16.61
TAMANRASSET	31	69	45.48
TEBESSA	32	367	13.81
TIARET	33	339	16.06
TIMIMOUN	34	31	52.93
TINDOUF	35	42	55.7
TLEMCEN-ZENATA	36	320	19.39
TOUGGOURT	37	88	35.12

Selon le tableau 5 et classification du tableau 4, on remarque que :

- Les résultats du **PCI** montrent une répartition saisonnière de précipitation dans la zone 1 comme les stations (Annaba, Bejaia-Aéroport, Chlef, Skikda, Dar-EL-Beida, Jijel-Achouat, Miliana, Oran-Senia, Tlemcen-Zenata) sauf les stations qui sont (Bou-Saada, Beni-Saf, Maghnia, Saida) présentent une forte saisonnalité des précipitations mensuelles.
- Tandis que la région à climat continental (zone 2) présente une distribution saisonnière modérée dans les stations (Batna, Constantine, Setif, Tebessa) et une répartition saisonnière dans les stations (Djelfa, El Bayad, Tiaret), les stations qui restent (Ain-Sefra, Msila) montrent une forte saisonnalité des précipitations mensuelles.
- La zone à climat sec (Sahara) montre une forte variabilité saisonnière de précipitation mensuelle dans les stations suivantes (Bechar, Biskra, Beni-Abbes,

El-Golea, El-OUED, Ghardaia, Hassi-Messaoud, Tamanrasset, Touggourt) et une distribution irrégulière de la concentration des précipitations mensuelles dans les régions de (Tindouf, Timimoun, Ouargla, Illizi, Djanet, Adrar).

V- Agressivité mensuelle des pluies:

L'agressivité de la pluviométrie au cours de l'année hydrologique est appréciée respectivement par l'indice de Fournier [17] et modifié par Arnoldus [18], il s'écrit :

Pour évaluer l'agressivité de la pluie, on calcule l'indice de Fournier modifié IFM. Ce dernier s'écrit :

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{Pm_i^2}{Pa}$$

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 .9. 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

Pour le tableau 10 et tableau 9 selon la classification ci-dessus on a remarqué que les résultats de (IFM) montrent 3 répartitions principales des stations de la zone 1. Une agressivité très faible pour (Beni-Abbes, Bou-Saada, Maghnia) et une agressivité faible pour (Tlemcen-Zenata, Oran-Senia, Chlef) et agressivité modérée pour (Annaba, Bejaia -Aéroport, Dar-El-Beida, Skikda, Miliana) sauf la station de Jijel qui montre une forte agressivité.

On constate pour la zone 2 que la majorité des stations (Ain-Sefra, Batna, Djelfa, El-Bayadh, M'sila, Saida, Setif, Tebessa, Tiaret) présentent une agressivité très faible à part Constantine qui est à une agressivité faible.

Enfin pour la zone 3 on note que toutes les stations (Adrar, Bechar, Beni-Abbes, Biskra, Djanet, El-Golea, El-Oued, Ghardaia, Hassi-Messaoud, Illizi, Ouargla, Tamanrasset, Timimoun, Tindouf, Touggourt) montrent une agressivité très faible.

Tableau .10. Indice de l'agressivité des précipitations

STATION	N°	P. moy	MOY IFM
ADRAR	1	31	20.483
AIN SEFRA	2	161	43.2409
ANNABA	3	657	99.232
BATNA	4	304	45.4221
BECHAR	5	107	33.1381
BEJAIA AEROBORT	6	736	115.975
BENI-ABBES	7	43	21.1339
BENI-SAF	8	284	56.9465
BISKRA	9	153	41.6083
BOU-SAADA	10	134	29.9194
CHLEF	11	322	61.19
CONSTANTINE	12	506	73.8934
DAR-EL-BEIDA	13	611	100.049
DJANET	14	28	17.9168
DJELFA	15	272	42.4191
EL-BAYADH	16	291	51.129
EL-GOLEA	17	89	41.1167

EL-OUED	18	81	30.5968
GHARDAIA	19	163	46.263
HSSI-MESSAOUD	20	56	28.3887
ILLIZI	21	31	18.7278
JIJEL-ACHOUAT	22	822	130.3596
MAGHNA	23	242	46.2013
MILIANA	24	629	100.8235
MSILA	25	115	23.598
ORAN-SENIA	26	344	68.5267
OUARGLA	27	63	41.0056
SAIDA	28	323	58.0876
SETIF	29	401	54.1733
SKIKDA	30	650	105.154
TAMANRASSET	31	69	33.899
TEBESSA	32	367	50.5731
TIARET	33	339	54.951
TIMIMOUN	34	31	17.143
TINDOUF	35	42	21.7034
TLEMCEN-ZENATA	36	320	60.8161
TOUGGOURT	37	88	32.5677

Conclusion générale :

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 de essayer d'autres solutions pour éclairer la relation spatio-temporelle.

Ce travail se compose de deux chapitre, après une introduction générale, la 1^{ère} chapitre a été réservée à une étude bibliographique sur les précipitations des points de vue de :

- Origine des précipitations
- Les différents types de précipitations
- La répartition des précipitations
- Régime de précipitations
- Influence de l'altitude

Et en dernier lieu on traite l'agressivité et la concentration de pluie.

La 2^{ème} chapitre est étude de cas en se basant sur les données journalières issues de 37 stations pluviométriques situées dans le territoire algérien avec une période d'une trentaine d'année (1982-2012) , on se propose d'examiner les principaux changements qui ont affecté le régime des pluies avec les différentes méthodes statistiques (régression linéaire ...).

Après une petite présentation de la région étude et un diagnostic du réseau d'observation météorologique des bassins versants en l'Algérie, on a positionné nos stations pluviométriques en fonction de leurs coordonnées par logiciel map-info, pour créer une carte de répartition.

On a divisé notre zone d'étude en trois grandes régions : une zone une (Humide, Subhumide, Semi-aride), la zone deux (Semi- aride, Aride) et la dernière zone est relative au climat Saharien.

Les données proviennent du site internet « free météo ». Ces données ont été traitées en calculant quelques paramètres statistiques de base (la moyenne, l'écart type, le coefficient de variation), ensuite on s'est intéressé à la Variabilité des précipitations à l'échelle annuelle, saisonnière, et mensuelle et on peut dire que les moyennes annuelles varient d'une année à l'autre et d'un mois à l'autre. Par contre, on peut noter que la variabilité saisonnière dans l'observation du changement de précipitations d'une zone à l'autre est parfois très significative.

La vérification de la répartition des précipitations au cours de l'année hydrologique traitée à l'aide de l'indice de concentration PCI et l'indice d'agressivité (Fournier Modifié) IFM. On a estimé la nature de la concentration qui est d'uniforme à irrégulière et l'agressivité de très faible à très forte.

Cette étude nous a permis d'en savoir plus sur le régime pluviométrique en Algérie depuis 1982. Nous pouvons considérer ce travail comme un document de base pour les personnes et organismes chargés d'une éventuelle élaboration de la situation climatique et d'une régionalisation pluviométrique et un moyen de montrer aux gens qu'il est possible d'utiliser les méthodes de la comparaison avec les lois de la concentration et l'agressivité pour avoir une représentation satisfaisante sur le climat en Algérie et leur relation avec l'état actuel des précipitations .

Références bibliographiques

- [1] : **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.
- [2] : **Bennis S.** (1957). Hydraulique et hydrologie, 2° Edition.
- [3] : **Roche M.** (1963). Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, Paris.
- [4] : **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.
- [5] : **Morel M.** (1999). Acquisition et constitution d'une information hydrologique de Base, Edition H.G.A, Bucarest.
- [6] : **Berne A.** (2002). Précipitations méditerranéennes intenses en milieu urbain.
- [7] : **Medjerab A, Henia L.** (2005), _Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale ,PFE .
- [8] : **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.
- [9] : **Robinson M.** (2000), hydrologie continentale, Armand colin.
- [10] : <http://www.ctrdv.fr/GaleriePhoto/picture.php?/709/category/107> [Mardi 29 Juin 2010].
- [11] : Tiré de Champoux, Toutant, 1988.
- [12] : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html>.
- [13] : http://www.meteonature.com/index/index.php?option=com_content&view=article&id=92:le-climat.

- [14] : http://www.memoireonline.com/01/13/6770/m_Aspects-physionomico-structuraux-de-la-vegetation-ligneuse-forestiere-dans-les-monts-de-Dhaya-et26.html.
- [15] : **Michiels P, Gabriels D, Hartmann R.**, february 1992, .catena, volume 19, issue 1, copyright © 1992 published by elsevier b.v.
- [16] : **Oliver JE.** (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geogr*; 32(33): 300-309.
- [17] : **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.
- [18]: **Arnoldus HMJ.** (1980). an approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation. in: assessment of erosion (ed. by m. de boodt & d. gabriels): 127–132. wiley, chichester, uk.
- [19] : **Sari DJ.** (1977). l'homme et l'érosion das l'ouarsenis(algerie), edition 546/77 s.n.e.d.
- [20] : **Crete Z** ,(1984), lutte contre l'érosion, page 5, departement des eaux et forets, b.p 1190 bujumbura.
- [21] : **Mohamed A. M. Abd Elbasit, Jinbai Huang.**(2013) Spatiotemporal Changes of Rainfall Erosivity in Loess Plateau, China.
- [22] : agriculture.wallonie.be/apps/spip.../IMG/pdf/LivretAgriculture_n12.pdf.
- [23] : **Heino R.** . (1996) .Metadata and their role in homogenisation. Proceedings Seminar on Homogenization of Surf. Instrum. Data, Budapest.
- [24] : **MEDDI H, MEDDI M.** (2003), étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaines de Markov. Centre universitaire de Khemis Miliana.

[25] : **Khaldi A.** (2005), Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida", page 20. universite d'Oran.

[26] : <http://www.jle.com/edocs/00/04/49/CA/article.phtml?fichier=images.htm>.

[27] : **Haouchine S.** (2011), Recherches sur la faunistiques et l'écologie des macro invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Précipitation : 8.

[28] : **Meddour R.** (2010), bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en algerie exemple des groupements forestiers et preforestiers de la kabylie djurdjurenne .page 44.

[29] : <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm#3>.
%20Le%20Climat%20et%20les%20Zones%20Agroecologiques.

[30] : **Mabioue K.**, Compte rendu de la visite à l'office national de la météorologie, Université Hassiba Benbouali de Chlef .

[31] : **Hassini N., Abderrahmani B., Dobbi A.** (2006). tendances des précipitations et de la sécheresse sur le littoral algérien : impact sur les réserves hydriques, université d'es-sénia, pfe.

[32] : **Kettab A, AIT Mouhoub D, Ouarda T., Bobbee B.** (14 oct. 2004), contribution a l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'algerie.

[33] : echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.htm.

[34] : <http://freemeteo.com/default.asp?pid=155&gid=2507480&la=6&sid=603900>.

[35] : carte des études pédologique du nord de l'Algérie [1963-2004], ANRH.

[36] : **Medjrab A.** (2005). Étude de la pluviométrie de l'Algérie Occidentale : approche statistique cartographie automatique. Thèse de doctorat d'État, Université de Bab Ezzouar, Alger.

[37] : **Meddi H.** (2001) Quantification des précipitations : application au nord ouest algérien-méthodologie Pluvia. Mémoire de magister, centre universitaire de Mascara.

[38] : **Meddi M, Meddi H,** (2002). Sécheresse météorologique et agricole dans le nord-ouest de l'Algérie. Deuxième colloque méditerranéen sur l'eau et l'environnement, Alger.