

République Algérienne démocratique et populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de

la Recherche Scientifique

Université BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

Mémoire

en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Option : Eau et Environnement

Thème

Analyse de la pluviométrie algéroise

Présenté par : Boubakeur Sabrina

Devant le jury

- M. AMIROUCHE	MCB. U. Blida 1	Président de jury
- L. ZELLA	Professeur. U. Blida 1	Promoteur
- N. DEGUI	MAA U. Blida 1	Examinatrice
- R. KHEDDAR	MCB U. Blida 1	Co-Promoteur(trice)

2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et Le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à notre encadreur monsieur ZELLA L. Professeur à l'Université BLIDA 1 pour avoir dirigé ce mémoire. Je le remercie infiniment pour la confiance et le respect qu'il m'a toujours accordé et pour les idées qui m'ont beaucoup aidée à progresser. Sa haute compétence, ses qualités humaines, ses conseils judicieux ont été pour moi une source inestimable de réconfort et d'encouragements pour mener à terme ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Les remerciements au président du Jury M. Amirouche, à Mlle N. Degui et à Mlle R. Kheddar pour avoir accepté de juger ce travail. Nous voudrions aussi remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation « Eau environnement ». Merci aussi à toute l'équipe de notre département Département Biotechnologies Agronomie.

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir : mon père M'Hamed. A la lumière de mes jours, la source de mes efforts la flamme de mon cœur, ma maman Allai, que Dieu leur fasse miséricorde et les fasse parmi les gens du paradis si Dieu le veut. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les scarifications qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien être.

La source de joie et de bonheur :

A mes chères sœurs Fatima Zahra, Assai, Siham, Amel.

Mes chères frères M'Amar, Hamza, Djelali en particulier mon frère Mohamed qui habite à l'étranger, que Dieu le protège, je le remercie beaucoup pour tout le soutien qu'il m'a apporté malgré sa distance.

A mes neveux Walaa, Rafik, Saif Adin, Iyad, Farah, bonne chance avec vos études.

A mes amies proches Nour El houda, Ilham, que j'aime beaucoup. Yousra, Nesrine, Ismahan, Asma, Rosse, Maryem. Et mes amis Adel, Mohamed walid, Djahid.

Nulle dédicace ne pourrait exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les encouragements et soutiens qu'ils ont consentis à mon égard.

Résumé

L'objectif de cette mémoire est d'analyser la pluviométrie à l'échelle annuelle et mensuelle dans la région d'Alger. Pour cela, on a disposé d'une série de données de l'ONM sur une période 49 ans (1972-2020) données relatives à la station de Dar Beida.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a des changements dans les pluviométries au niveau annuel, ce qui est plus évident dans les données étudiées.

Pour le résultat mensuelle on a enregistré un changement des pluviométries d'un mois à l'autre.

On a conclu que la variabilité pluviométrique de la pluviométrie pendant 49 ans a montré à travers une diminution de la quantité de la pluie dans les dernières années de la région d'Alger.

Mots clés : pluviométrie, Alger, précipitation annuelle, précipitation mensuelle.

Abstract

The study of the rainfall process in the Algiers region and a good knowledge of precipitation at the spatial level are essential for the region.

The objective of this paper is to analyze the annual and monthly rainfall in the Algiers region, the rainfall variability in the mean is analyzed over 49 years (1972-2020) is based on a study of the data series of the Dar Beida station depends on the amount of rainfall each month.

The results obtained show that there are changes in rainfall at the annual level, which is more evident in the data studied.

For the monthly result there was a change in rainfall from one month to the next.

It was concluded that the rainfall variability of the rainfall for 49 years showed through a decrease in the amount of rain in the last years of the Algiers region.

Keywords: rainfall, precipitation annual and monthly

Plan de travail

Introduction general.....	2
Partie 1:Synthèse bibliographique.....	6
Chapitre I. Climat.....	6
1. Définition de climat.....	6
2. Indices bioclimatiques et d'aridité.....	6
2.1. Indice bioclimatique d'EMBERGER.....	6
2.2. Indice d'aridité.....	7
2.3. Indice de MARTONNE.....	8
2.4. Indices d'aridité de BAGNOULS GAUSSEN.....	8
2.5. Indice d'aridité UNEP.....	9
2.6. Indices de continentalité.....	9
2.6.1. Indice de continentalité pluviale d'ANGOT.....	9
3. Classification du climat (types des climats).....	10
3.1. Climat tropical.....	10
3.2. Climat Désertique.....	10
3.3. Climat maritime.....	10
3.4. Climat continental.....	11
3.5. Climat polaire.....	11
Chapitre II. Les paramètres du climat.....	12
1. Caractéristiques climatiques.....	12
1.1. Les radiations solaires.....	12
1.2. La température de l'air.....	13
1.3. L'humidité.....	13
1.5. Les vents.....	14
2.1. Température.....	14
2. 2. Précipitation.....	15
Chapitre III. Les précipitations.....	16
1. Origine des précipitations.....	16
2. Formation des précipitations.....	17
3. Mécanismes de la formation des précipitations.....	18
4. Les types des précipitations.....	19
4.1. Les précipitations convectives.....	19
4.2. Précipitations orographiques.....	20
4.3. Les précipitations cycloniques.....	21
5. Répartition de précipitation.....	21
Chapitre IV. Mesure des précipitations.....	24

1. Définition des pluviomètres	24
2. Les types pluviomètres	24
2.1. Les pluviomètres non enregistreurs	24
2.2. Pluviomètre enregistreur	24
3. Les pluviographes	25
4. La hauteur des précipitations	25
5. Mesure des pluviomètres	26
5.1. Les pluviomètres manuels.....	26
5.2. Les pluviomètres optiques.....	26
3. Les pluviographes enregistreurs	27
4. Les pluviomètres à auget basculeur	27
5. Un radar météorologique.....	28
Chapitre V. Impact de la pluviométrie.....	29
1. Sécheresses	29
2. Impacts de la sécheresse par secteurs	30
2.1. Sur le secteur des ressources en eau	30
2.2. Sur les secteurs agricoles, des forêts et de la biodiversité.....	30
3. Inondation.....	31
3.1. Inondation dites pluviales.....	31
3.2. Débordement des cours d'eau.....	31
3.3. Inondation torrentielle.....	31
3.4. Ruptures d'embâcles (barrages).....	31
3.5. Types des crues	32
5. Impact des inondations sur les activités agricoles	32
Partie 2. Expérimentale.....	31
Chapitre I. Aperçu général sur la région d'étude	31
1. Situation géographique.....	31
2. Situation démographique.....	31
3. Climat.....	32
4. Relief	32
5. La végétation.....	32
6. Bassin versant	33
Chapitre II. Matériels et méthodes	34
1. Analyse des séries pluviométrique annuelles et mensuelle à la wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2020).....	34
1.1. Analyse des séries pluviométrique annuelles.....	34
1.2. Analyse des séries pluviométriques mensuelles	35
2. Indice de De MARTONNE	35

3. Indice de continentalité pluviale d'ANGOT	35
Chapitre III. Résultats et discussion	36
I. 1. La moyenne annuelle de la pluviométrie	36
2. Probabilité des précipitations annuelles à l'Algéroise par rapport à la moyenne	37
3. Nombre de mois avec de pluie	38
4. Quantité annuelles des pluies	38
5. Etudes des périodes déficitaires par les indices de pluviosités annuelle et écarts a la moyenne	39
6. Pourcentage des hauteurs précipitations annuelles	39
7. Variation de la précipitation moyenne et la tendance à wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2020).....	40
II. 1. Moyenne mensuelle interannuelle.....	41
2. précipitation mensuelle	42
3. Mois excédentaires et mois déficitaires par rapport à la moyenne	43
3.1. Janvier	43
3.2. Février	43
3.3. Marc.....	44
3.4. Avril.....	44
3.5. Mais	45
3.6. Jain	46
3.7. Juillet	46
3.8. Aout	47
3.8. Septembre.....	48
3.10. Octobre.....	48
3.11. Novembre.....	49
3.12. Décembre	50
III 1. Impact climatique.....	51
1.1. Indice de De MARTONNE	51
1.2. Indices de continentalité pluviale d'ANGOT	51
Conclusion	52
Référence bibliographiques.....	53

Liste des tableaux

Tableau 1. Teneur d'un air saturé en vapeur d'eau en fonction de la température.....	18
Tableau 2. Le pourcentage des hauteurs de précipitations annuelles à wilaya d'Alger.....	39
Tableau 3. Les valeurs des mois plus chauds et la plus froids à wilaya d'Alger.....	51

Liste des figures

Figure 1. Circulation atmosphérique globale.....	12
Figure 2. Formation des gouttes nuageuse et des gouttes de pluies.....	19
Figure 3. Formation de la précipitation de convection.....	20
Figure 4. Précipitation orographique.....	21
Figure 5. Précipitation cyclonique (Front chaud et froid).....	21
Figure 6. Distribution des précipitations annuelles à la surface du globe.....	22
Figure 7. Pluviomètre manuel.....	26
Figure 8. Pluviomètre optique.....	27
Figure 9. Pluviographe enregistreur.....	27
Figure 10. Pluviomètre à auget basculeur.....	28
Figure 11. Fonction du radar météorologique.....	28
Figure 12. Situation géographique de la wilaya d'Alger.....	31
Figure 13. Précipitations annuelles à l'Algéroise par rapport à la moyenne.....	36
Figure 14. Probabilité des précipitations annuelles.....	37
Figure 15. Nombre des mois pluvieux sur l'année	38
Figure 16. Quantité annuelle de pluie	38
Figure 17. Ecart relatifs à la moyenne	39
Figure 18. Classification des pourcentages de hauteurs des précipitations.....	40
Figure 19. Variation de la précipitation moyenne et la tendance	41
Figure 20. Précipitation mensuelle de wilaya d'Alger par rapport à la moyenne	42
Figure 21. Précipitation mensuelle de wilaya d'Alger, afin de la valeur plus élevée à la plus petite valeur	41
Figure 22. Précipitations mensuelles.....	42
Figure 23. Les pluies annuelles du mois janvier par rapport à la moyenne.....	43
Figure.24. Les pluies annuelles du mois février par rapport à la moyenne.....	43
Figure 25. Les pluies annuelles du mois Marc par rapport à la moyenne.....	44
Figure 26. Les pluies annuelles du mois Avril par rapport à la moyenne	44
Figure 27. Les pluies annuelles du mois Mai par rapport à la moyenne	45
Figure 28. Les pluies annuelles du mois jain par rapport à la moyenne.....	46
Figure 29. Les pluies annuelles du mois juillet par rapport à la moyenne.....	47
Figure 30. Les pluies annuelles du mois Aout par rapport à la moyenne.....	47
Figure 31. Les pluies annuelles du mois Septembre par rapport à la moyenne.....	48
Figure 32. Les pluies annuelles du mois Octobre par rapport à la moyenne.....	48
Figure 33. Les pluies annuelles du mois Novembre par rapport à la moyenne	49
Figure 34. Les pluies annuelles du mois Décembre par rapport à la. moyenne.....	50

Liste des abréviations

p: pluie

T : température

mm: millimètre

Hp: haut pression

Bp: basse pression

m: mètre (unité de longueur ou distance).

°C: degré Celsius

m: mètre.

Heure: unité de temps.

% : pourcentage

H: humidité

Introduction générale

Introduction générale

Cette année l'insuffisance des précipitations a exacerbé la pénurie d'eau, très ressentie dans la quasi-totalité du pays. Dans la capitale Alger, naguère copieusement alimentée en H24, le stress hydrique est des plus sévères. Pourtant, les climatologues n'ont pas cessé d'alerter que le pays, y compris le littoral est fragilisé par le réchauffement climatique. En conséquence, des périodes de sécheresse de plus en plus sévères, alternées par des périodes courtes d'extrême pluviosité.

Les besoins hydriques augmentent de manière exponentielle exposant le pays à de graves crises itératives d'indisponibilité des ressources hydriques. Les autorités compétentes essayent dare dare de palier au déficit en proposant dans l'urgence des usines de dessalement et des restrictions de rationnement.

L'insuffisance d'eau a des répercussions très néfastes et pourrait freiner l'élan de tous les secteurs d'activité, notamment le secteur agricole tant il est le plus gourmand.

C'est dans ces circonstances que le présent travail s'inscrit en tentant de traiter de l'évolution de la pluviométrie mensuelle et annuelle de la capitale durant les dernières décennies. Une analyse statistique d'une longue série de données sur 49 ans devrait permettre de mieux comprendre les variations déjà enregistrées durant les années précédentes, et surtout pouvoir se projeter dans le futur.

Partie 1

Synthèse bibliographique

Partie 1: Synthèse bibliographique

Chapitre I. Climat

1. Définition de climat

Le concept climat signifie littéralement l'inclinaison de la terre par rapport à son axe de rotation. En effet, grosso modo, le climat change à chaque inclinaison des rayons durant l'année. Cette approche restrictive cache une réalité complexe basée surtout sur la position de la terre dans la constellation du système solaire (Zella, 2019).

Au sens étroit du terme, le climat désigne généralement le « temps moyen »; il s'agit plus précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années. Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent ensoleillement, humidité. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état du système climatique (Dumas, al., 2005).

2. Indices bioclimatiques et d'aridité

2.1. Indice bioclimatique d'EMBERGER

Parmi les indices bioclimatiques utilisés de façon traditionnelle en Afrique du Nord et ailleurs en Méditerranée on distingue l'indice bioclimatique d'Emberger. Celui-ci prend en compte les précipitations annuelles, la moyenne des Maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C). Cet indice est donné par la formule :

$$Q2 = \frac{2000 * P}{(M+m+546,4)(M-m)}$$

Où:

P: la pluviométrie annuel en mm. M : la température maximale du mois le plus chaud en °C

m: la température minimale du mois le plus froid en °C.

Ce quotient, particulièrement adapté aux régions méditerranéennes, traduit le rapport entre la quantité des précipitations et la moyenne des extrêmes thermiques (Mois le plus chaud et le plus froid), le tout corrigé par l'amplitude thermique extrême (M-m). Emberger a remarqué que l'amplitude thermique est un facteur important de la répartition des végétations.

La combinaison des quotients pluvio-thermique obtenus (Q2) et les températures minimales du mois le plus froid (m) (facteur limitant avec observations faites sur la répartition de végétation méditerranéenne et plus particulièrement au Maroc a conduit Emberger à

subdiviser l'aire du climagramme en zones caractéristiques par des aridités croissantes de haut en bas, ce sont les « étages bioclimatiques de végétation ».

Les étages bioclimatiques de végétation retenus sont les suivants :

- étage saharien ;
- étage aride ;
- étage semi-aride ;
- étage sub-humide ;
- étage humide ;
- étage per-humide.

L'introduction de la variante température minimale allant de -5 à 12°C a permis de tracer le climagramme pluviométrique en fonction la valeur de Q2, celui-ci a été plus tard amélioré et adapté pour l'ensemble du Bassin Méditerranées (Mokhtari et al., 2013).

2.2. Indice d'aridité

L'aridité se caractérise par un déficit pluviométrique presque permanent lié à une forte insolation, des températures diurnes élevées, une faible humidité de l'air et une évapotranspiration qui conduit à des déficits hydriques pendant la majeure partie de l'année.

C'est un phénomène climatique structurel qui se différencie de la sécheresse, phénomène climatique qui survient aussi bien dans les milieux arides que dans les milieux plus humides. Une région est considéré comme aride quand elle est caractérisée par un grave manque d'eau disponible, ayant pour conséquence de freiner, voire empêcher, la croissance et le développement de la végétation et la présence d'une vie animale.

En conséquence, des environnements soumis à des climats arides sont caractérisée par une rareté de la végétation généralement bien adaptée au manque d'eau et constituée de xérophytes ou désertiques.

Les indices d'aridité (IA) sont des indicateurs quantitatifs du degré du manque d'eau à un endroit donné, la plupart sont de simples rapports hydro-thermiques fondés sur les hauteurs moyennes des précipitations et de la température. D'autres indices font références à la demande évaporative de l'atmosphère. Ces indices sont en générale calculés annuellement (parfois mensuellement) et sont surtout utilisables à petite et moyenne échelle.

Suivant l'ampleur du déficit hydrique, plusieurs degrés d'aridité peuvent être différenciés et sont définis par des classes d'indices d'aridité conventionnelles applicables au zonage climatique. Il est généralement classique de distinguer au moins trois degrés dans l'aridité à savoir l'hyper-aride ou désertique, l'aride et le semi-aride. Mais, jusqu'à

aujourd'hui, il n'y a pas d'accord universel sur les limites précises entre les classes d'aridité telles que le subhumide, le semi-aride, l'aride et le désertique (Mokhtari et al., 2013).

2.3. Indice de De MARTONNE

L'indice d'aridité annuelle De Martonne est défini comme suit

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

Où :

T: Température moyenne annuelle en °C. P: précipitation moyenne annuelle en mm.

Cette indice, appelé parfois indice de sécheresse de De Martonne, peut être calculé aussi mensuellement et donne une indication sur le degré de sécheresse par rapport à la demande évaporative moyenne de l'atmosphère approché par la température.

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial, De Martonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques ou hyperarides ($I < 5$) aux zones humides à forêt prépondérante ($I > 40$). Les zones hyperarides sont caractérisées par des précipitations exceptionnelles (Mokhtari et al., 2013).

2.4. Indice d'aridité de BAGNOULS GAUSSEN

L'index d'Ombrothermique traduit l'effet du stress hydrique sur le développement de la végétation et la formation de la biomasse et exprime la durée et l'intensité de la saison sèche. Il est employé pour identifier des phénomènes liés à la sécheresse (indiqués par des valeurs positives de BGI) et pour l'évaluation des zones sensibles à désertification dans la région méditerranée. Il est défini comme suit

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2T_i - p_i) \cdot K_i$$

Où :

T_i: température moyenne du mois *i* en °C. P_i: précipitation moyenne du mois *i* en mm

K_i: proportion du mois pendant laquelle $2T_i > p_i$.

Ainsi, il défini comme mois sec ou aride tout mois ayant le rapport entre les précipitations la température moyenne du mois inférieur à deux, c'est-à-dire quand les pertes en eau (supposées causées par une température trop forte) sont supérieures aux apports (précipitations). Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide.

En région méditerranéenne, certains auteurs définissent un mois sec quand $P < 3T$ ou $P < 4T$.

L'intégration dans cet indice de deux paramètres de nature différente moyennant le coefficient multiplicatif 2 s'explique par le fait que la valeur de 2T a été assimilée à la demande évaporative de l'atmosphère (ETP). En somme, l'indice d'aridité Bagnouls Gausсен

traduit la somme des déficits mensuels corrigés de leur concentration (Intégrale de la courbe 2T-P corrigé de la concentration mensuelle) (Mokhtari et al., 2013).

2.5. Indice d'aridité UNEP

L'indice d'aridité est un indicateur du degré d'aridité du climat à un endroit donné par rapport à la demande évaporative de l'atmosphère (Mokhtari et al., 2013).

Il est défini comme suit :

$$AI = P/ETP$$

Où :

P: précipitation annuelle moyenne en mm. ETP: évapotranspiration potentielle annuelle moyenne en mm.

Cet indice est largement utilisé pour l'évaluation de la qualité du climat et traduit le déficit annuel entre la quantité des précipitations reçues (p) par rapport à la demande évaporative de l'atmosphère (ETP), ce qui implique que plus l'indice est faible plus l'aridité est élevée et permet de classer les climats de l'hyperaride à l'humide selon les valeurs suivantes :

- Hyperaride $I < 0,05$
- Aride $0,05 < I < 0,20$
- Semi-aride $0,21 < I < 0,50$
- Sub-humide sec $0,51 < I < 0,65$
- Sub-humide et humide $I > 0,65$

2.6. Indices de continentalité

La continentalité résulte de la combinaison des facteurs thermiques et pluviaux pour distinguer les types de pluviosité : climats continentaux, semi-continentaux et maritimes. (Mokhtari et al., 2013). Deux indices de continentalité sont utilisés :

2.6.1. Indice de continentalité pluviale d'ANGOT

La continentalité pluviale et surtout pour le climat méditerranéen se caractérise par une concentration saisonnière des précipitations. L'indice d'Angot mesure la concentration saisonnière des précipitations moyennant l'indice C qui est le rapport entre la quantité des précipitations des six mois les plus chauds et la quantité des précipitations des six les plus froids.

$$C = \frac{P_{6\text{mois+chauds}}}{P_{6\text{mois+froids}}}$$

6.2. Indice de continentalité thermique GORCZINSKI

Sachant que l'amplitude thermique annuelle moyenne augmente avec l'éloignement de la mer, Gorczinski a établi un indice K qui tient compte de cette amplitude en fonction de la latitude. Plus tard, et compte tenu que l'effet de l'altitude comme celui de latitude, se traduisent par une réduction de l'amplitude thermique a proposé de caractériser la continentalité thermique du climat méditerranéen par l'indice de Gorczinski modifié K' qui intègre l'altitude moyennant la formule suivante:

$$K' = \left(\frac{1,7.A}{\sin(\rho+10+9.h)} \right) - 14$$

Où :

- A: Amplitude thermique moyenne annuelle en °C
- ρ : Latitude en degré arc
- h: Altitude en Kilomètre.

3. Classification du climat (types des climats)

Il existe de nombreuses classifications de climats, elles varient en fonction des méthodes utilisées, des données observées (Hufty, 2001).

3.1. Climat tropical

Ce climat est situé juste autour de l'équateur. On peut parler de climat tropical lorsque la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18 degrés. Il fait donc chaud toute l'année.

3.2. Climat Désertique

Le climat désertique se caractérise par un manque de précipitations. Par conséquent, peu de plantes y poussent. Il y a cependant des zones où il peut pleuvoir. Les grands écarts entre les températures du jour et de la nuit sont caractéristiques de ces climats secs. Vu l'absence de nuages, aucun obstacle ne barre la route aux rayons du soleil durant le jour, tandis que la chaleur n'est pas retenue la nuit sous une éventuelle couverture nuageuse. Ainsi, il fait chaud le jour et froid la nuit.

3.3. Climat maritime

Les hivers froids et les étés chauds ne sont pas caractéristique du climat maritime. Une zone relève de ce climat lorsque la température moyenne du mois le plus froid n'est pas inférieur à -3 °C, et celle du mois le plus chaud oscille entre 10 et 18 °C. Les précipitations sont suffisantes toute l'année.

3.4. Climat continental

Le climat continental se caractérise par de grandes différences entre l'été et l'hiver. Les étés sont souvent courts et chauds, tandis que les hivers sont longs et froids. Des neiges abondantes caractérisent.

3.5. Climat polaire

Dans un climat polaire, la température n'excède jamais 10 degrés Celsius.

Chapitre II. Les paramètres du climat

1. Caractéristiques climatiques

L'atmosphère est une couche gazeuse, relativement mince, entourant le globe terrestre. Sa limite n'est pas très précise mais la hauteur de 100 Km, elle pèse environ 5 millions de milliards de tonnes ($5,1 \cdot 10^{18}$ Kg) (Zella, 2019).

Elle est caractérisée par un certain nombre de couches par leur profil thermique vertical: La troposphère au sein de laquelle la température décroît régulièrement de $6.5 \text{ }^\circ\text{C}$ en moyenne par kilomètre d'altitude. La température croît ensuite dans la stratosphère (inversion de gradient), à partir de la limite thermique que représente la tropopause. La troposphère a une épaisseur variable suivant le lieu et le jour, de 7 à 8 Km aux Pôles (température au sommet de l'ordre de $-50 \text{ }^\circ\text{C}$) et de 17 à 18 Km à l'équateur (température de l'ordre de $-80 \text{ }^\circ\text{C}$).

La troposphère est le siège de nombreux mouvements, vents horizontaux et courants ascendants ou descendants verticaux. C'est dans la troposphère que se produisent les phénomènes météorologiques intéressant le globe, en particulier les nuages, origines des pluies, les vents (Yann, 1993).

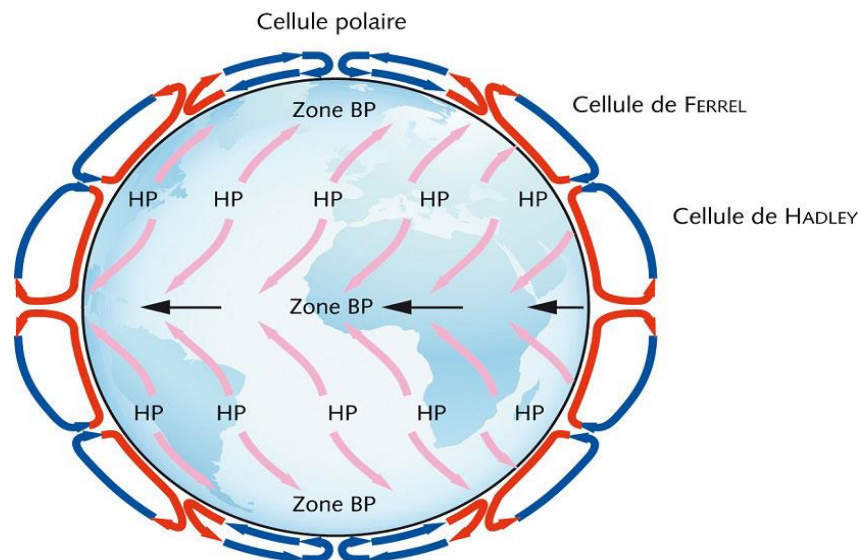


Figure 1. Circulation atmosphérique globale

(<https://www.encyclopedieenvironnement.org/air/la-circulation-atmospheriq>)

1.1. Les radiations solaires

Le rayonnement solaire global (R_g) est le rayonnement parvenant au niveau du sol sur une surface horizontale, soit directement soit après diffusion. Il s'exprime par la somme du rayonnement diffus et du rayonnement direct pondéré par le cosinus de l'angle zénithal du

soleil. Le rayonnement global peut être calculé à partir de ses deux composantes (diffuse et directe) ou estimé par un calcul d'approximation à l'aide de relation plus simple et empirique fonction de ($R_g 0$) et du nombre d'heure de l'insolation effective (n) et du nombre d'heur max possible (N) pour un mois. Sa mesure directe est réalisée à l'aide d'un pyranomètre.

Les radiations solaires ont une influence dominante sur toute la phase du cycle hydrologique. Elles sont la roue motrice des processus d'évaporation, de transpiration, de précipitation, Et de toute vie végétale et animale (Zella, 2019).

1.2. La température de l'air

Le réchauffement de la terre tout au long de la journée et son refroidissement pendant la nuit perturbe le gradient d'équilibre observé à midi. Le gradient thermique affect directement la stabilité atmosphérique.

Température propre de l'air ambiant, définie par l'agitation des molécules de l'air, mais aussi les différents rayonnements qui peuvent atteindre l'appareil. Il est rare que ce dernier soit soumis au rayonnement solaire direct, auquel il est facile de le soustraire par simple interposition d'un écran. Par contre, une mauvaise installation peut laisser passer le rayonnement indirect, réfléchi ou diffusé par le sol ou les obstacles situés à proximité de l'abri. Enfin, il y le rayonnement propre de l'abri chauffé par le soleil et le rayonnement propre du thermomètre, ce dernier était négligeable pour les mesures en basse altitude (Roche, 1963).

1.3. L'humidité de l'air

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue. L'humidité relative joue un rôle sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages. En général, quand on parle de mesure d'humidité, on fait allusion à l'humidité relative exprimée en pourcentage (%).

On définit l'humidité absolue (H_a) comme le rapport de la masse de vapeur d'eau, généralement en g sur le volume d'air humide en m^3 à la pression et la température considérées.

$$H_r = (H_a / H_s) * 100$$

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression. Ce rapport changera si on change la température ou la pression, ce qui rend sa mesure complexe.

L'humidité relative est donc une mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. L'humidité relative est souvent

appelée degré hygrométrique. Elle suit une échelle allant de 0 à 100 %. Un air saturé en vapeur d'eau a une humidité relative de 100 % ; un air très sec, une humidité de 10 à 20 %.

La pression de vapeur saturante et l'humidité relative dépendent de la température. Plus la température de l'air est élevée, plus il peut contenir de la vapeur d'eau. L'humidité relative mesurée par l'hygromètre classique qui fonctionne sous l'action de l'air comme un baromètre classique plus l'air est lourd, plus exerce une force sur l'appareil et plus l'aiguille se dirige vers la valeur 100%. Or cette humidité varie avec la température de l'air, lorsque celle-ci augmente par exemple en journée, l'humidité baisse sans pour autant que le contenu en eau de la masse d'air ait changé. Inversement lorsque les températures baissent, en cours de nuit, l'humidité relative augmente et peut atteindre la saturation ($T=Tr0$). Il existe donc une relation étroite, mais difficile à établir, entre les deux températures et l'humidité de l'air (Zella, 2019).

1.5. Les vents

Les vents sont créés en général par des gradients de pression ou des gradients thermiques. En météorologie le vent est le mouvement horizontal de l'air, les déplacements verticaux s'appellent des courants (Zella, 2019).

2. Eléments du climat

Le temps est la combinaison des éléments suivants: la température, les précipitations et Humidité et les vents à un moment donné. Ces éléments sont appelés éléments du climat. Les températures et les précipitations constituent les deux facteurs principaux de la nature d'un climat donné.

2.1. Température

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractérisation des climats vue son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique.

La température représente donc un facteur limitant vu son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les êtres vivants. La température est considérée comme une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. La température est la manifestation, à l'échelle macroscopique, du mouvement des atomes et molécules. (Ramade, 1984).

Le régime thermique d'un milieu est la variation des températures enregistrée en ce milieu. L'amplitude thermique annuelle est la différence de températures entre les mois les plus chauds et les mois les plus froids au cours d'une année. La température varie avec les saisons, l'altitude, la latitude et la proximité de la mer (Vincent, 2010).

2. 2. Précipitation

Regroupe les différentes formes sous lesquelles l'eau solide (Neige), liquide (pluie) et la forme gazeuse (brouillard, rosé) contenue dans l'atmosphère se dépose à la surface du globe (Elkhatri, 2003).

Les pluies ont pour origine la vaporisation des eaux. C'est le cycle de l'eau qui signifie que l'eau vient de la mer (Belmecheri, 2018).

Quelle que soit la forme de la précipitation, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement soit en millimètres (mm), soit en litres par mètre carré (l/m^2). 1 mm de précipitations correspond à 1 l d'eau par m^2 . L'intensité de la pluie est la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (généralement en mm/h) (Vincent, al., 2013).

Chapitre III. Les précipitations

1. Origine des précipitations

Les fines gouttelettes résultant de l'évaporation et formant le nuage sont suspendues en altitude par les courants ascendants plus forts que la gravitation. Tant que les gouttelettes n'ont pas atteint un poids suffisant pour tomber, elles restent prisonnières du nuage.

Quand des centaines de gouttelettes se rassemblent pour former une seule goutte de $1/10^{\text{ème}}$ de mm de diamètre, la goutte tombe vers le sol sous l'effet de la gravité, il y a précipitation. Entre la gouttelette du nuage et la goutte de la pluie, il y a parfois un rapport de volume de 1 million. Une gouttelette moyenne mesurant $1/50^{\text{ème}}$ de diamètre lui faut 16 h pour parcourir une altitude de 800 m. Les gouttelettes du nuage peuvent se rassembler selon le principe de la coalescence.

En effet dans un nuage, les gouttelettes en suspension sont animées d'agitation et de turbulences permanentes favorisant les chocs inter-gouttelettes où celles ayant une grosse taille adsorbent celle de petite taille. Leur poids augmente et quand le courant ascendant n'est plus suffisant pour continuer l'ascension, elles tombent en entraînant d'autres gouttelettes avec elles vers le sol. Théoriquement, au-dessous de 0°C , l'eau liquide se transforme en glace mais en réalité, l'eau peut rester à l'état liquide à -5°C voire à 3°C . En revanche, ce dernier est très instable et la présence d'un petit glaçon la cristallise intensément. On dit que l'eau est dans un état de surfusion.

Quand le brouillard en surfusion arrive au sol (très froid), l'eau se cristallise et donne le verglas matinal. Cet état déséquilibré précaire se retrouve aussi assez souvent dans les gros nuages verticaux (cumulus, cumulonimbus) qui se dressent comme une cheminée vers les couches hautes de l'atmosphère où il fait très froid. La moindre modification interne de ce milieu instable va subitement transformer la vapeur d'eau en cristaux et la cristallisation se propage à l'ensemble du nuage. Si au cours de leur descente, il fait suffisamment froid, c'est la glace qui atteint le sol sous forme de neige ou de grêle (Zella, 2019).

La pluie se trouve dans la nature sous plusieurs aspects ;

1. Bruine est constituée de minuscules gouttelettes d'eau liquide, dont le diamètre est généralement compris entre 0,1 et 0,5 mm, avec de telles vitesses de décantation lentes que parfois ils semblent flotter. Elles tombent habituellement de stratus bas et dépassent rarement 1 mm / h.

2. Vernis est la couche de glace, généralement claire et lisse, formé sur les surfaces exposées par le gel de l'eau en surfusion déposée par la pluie ou de la bruine. Sa densité peut être aussi élevée que 0,8 à 0,9.
3. Givre est un dépôt blanc opaque de granules de glace plus ou moins séparées par l'air emprisonné et formées par la congélation rapide de l'eau en surfusion des gouttes tombant sur les objets exposés. Sa densité peut être aussi faible que 0,2 à 0,3.
4. La neige est composée de cristaux de glace, principalement dans le complexe, ramifiée forme hexagonale, et souvent agglomérés en flocons de neige, qui peuvent atteindre plusieurs centimètres de diamètre. La hauteur de la neige fraîchement tombée est très variable, 125 à 500 mm de neige est équivalent environ 25 mm d'eau liquide. La densité moyenne (poids spécifique) est souvent supposée être de 0,1.
5. La grêle est une précipitation sous forme de billes de glace, produites dans les nuages convectifs, la plupart du temps cumulonimbus. Les grêlons peuvent être sphéroïdale, conique, ou de forme irrégulière, et la gamme allant d'environ 5 à plus de 125 mm de diamètre. Elles sont généralement constituées d'une alternance de couches de vernis et de Givre, et leur masse volumique est d'environ 0,8.
6. Grésil se compose de transparents, globulaires, des grains solides de glace formée par la congélation de gouttes de pluie ou de regel de cristaux de glace presque entièrement fondus tombant à travers une couche de congélation secondaire d'air près de la surface de la terre (Bennani, 2016).

2. Formation des précipitations

La pluie est un phénomène associé aux systèmes nuageux qui dépend des microphysiques des nuages et aussi de mouvements atmosphériques à plus grands échelles. L'atmosphère contient toujours en suspension des poussières ; lorsque par suite d'un refroidissement, la tension de vapeur atteint son vapeur maximal, la condensation s'effectue sur ces particules, elles grossissent deviennent visibles et constituent un nuage ou un brouillard, si le refroidissement se poursuit, les éléments du nuage continuent à grossir et tombent sous forme de pluie ou de neige.

En réalité les noyaux de condensation sont de trois sortes : Petits ions, gros ions et particules neutres (poussières, fumées), et ces noyaux, électrisés ou non, soulevés dans l'atmosphère par diffusion turbulente, sont principalement concentrés dans les couches inférieures (Clozier, 1939).

La quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir l'air atmosphérique est variable selon la température. Le tableau 01 fourni pour certaines températures la quantité maximale d'eau que peut contenir un kilogramme (un peu moins d'un m³) d'air sec à la pression de 1000 hPa (hecto Pascal, équivalent aux millibars). Pour ces teneurs en eau à ces différentes températures, on dit que l'humidité relative de l'air est de 100%, ou que l'air est saturé en eau:

Tableau 3. Teneur d'un air saturé en vapeur d'eau en fonction de la température

T. en C°	-20	-10	0	-10	-20	-30
Vapeur d'eau g/kg	0,8	1,8	3,8	7,8	14,8	27,4

3. Mécanismes de la formation des précipitations

Si l'air situé au sol ayant une température de +30 °C et contenant 14.8 g de vapeur d'eau par kg d'air sec. Cet air n'est pas saturé. Pour le devenir, il lui faudrait contenir 27.4 g d'eau, et son humidité relative est de $14.8/27.4 = 54\%$.

Si cet air est porté en altitude, par exemple par des courants ascendants tels qu'ils existent à l'équateur ou par 60 °N, sa température décroît. Lorsque celle-ci sera de +20°, l'air sera saturé et aura un degré d'humidité de 100%. Lorsque la température sera de +10°, 7.8 g de vapeur d'eau seront nécessaires pour entretenir la saturation de l'air, et 7.0 g (14.8-7.8) seront disponibles pour se condenser et former un nuage. Ainsi, la cause principale de formation d'un nuage est donc le refroidissement par ascendance des masses d'air chargées d'humidité.

Schématiquement, un nuage est un aérosol de fines gouttelettes d'eau et de petits cristaux de glace de diamètres moyens de 2 microns à 0.2 mm (soit 200 microns). Cet aérosol présente le plus souvent une bonne stabilité grâce aux micro-turbulences atmosphériques.

Les gouttes de pluie ont des diamètres moyens de 0.5 à 5 mm. Pour qu'il y ait précipitation, il faut nécessairement que le volume de chaque vésicule augmente de 15 000 à 15 milliards de fois (Morel, 1999).

Deux mécanismes concourent à cet accroissement:

1. Certaines particules grossissent par condensation, sur leur surface, de l'eau provenant, soit directement de l'air environnant, ou indirectement des particules voisines en cours d'évaporation.
2. Du fait des micro-turbulences de l'atmosphère, une multitude de petites particules s'agglomèrent entre elles par un processus dit de coalescence ou décapitation.

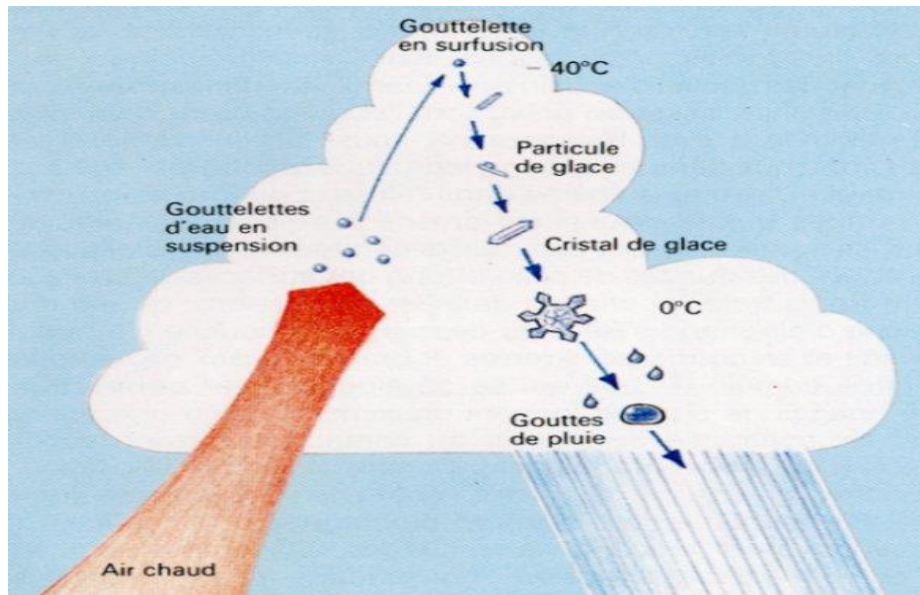


Figure 2. Formation des gouttes nuageuse et des gouttes de pluies (<https://www.alertes-meteo.com>. 2007)

4. Les types des précipitations

IL existe trois de précipitation :

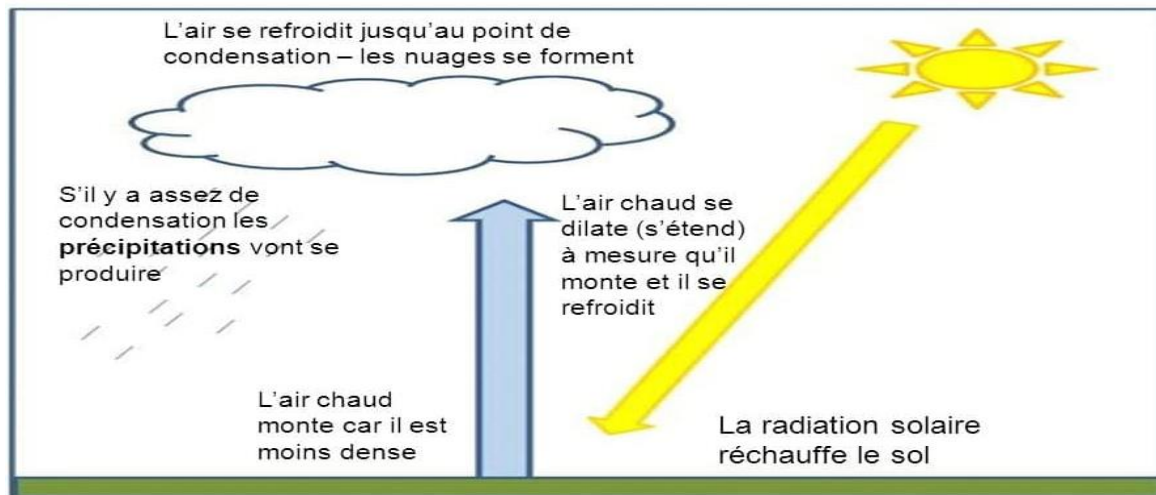
1. Précipitations convections
2. Précipitations d'orographiques
3. Précipitations cycloniques.

4.1. Les précipitations convectives

Lorsque par temps calme, l'air saturé ou non, au voisinage du sol est chauffé par les radiations solaires (directement mais surtout indirectement par réflexion sur le sol), il se dilate et s'élève par bouffées au centre des nombreuses cellules de convection qui se forment peu à peu. Au cours de son ascension, il se refroidit suivant le gradient de l'adiabatique sèche (soit 1°C par 100 mètres) ou saturée (de l'ordre de 0.5 °C par 100 mètres) et atteint son point de condensation à une altitude dite niveau de condensation. Il y a alors, à partir de ce niveau, formation de nuages (cumulus). Si le courant de convection vertical initial est intense et se poursuit suffisamment longtemps, il y a précipitation.

Ces précipitations résultent donc d'un temps chaud, elles consistent entièrement en pluie et occasionnellement en grêle. Elles sont caractéristiques des régions équatoriales et tropicales où, par suite de la faiblesse habituelle des vents, les mouvements de l'air sont essentiellement verticaux. Des précipitations de convection surviennent également en zone tempérée et dans les régions chaudes, à peu près uniquement sous forme d'orages d'été locaux et violents, mais tous les orages ne proviennent pas de mécanismes convectifs. Acquisition et constitution

d'une information hydrologique de Base, édition H.G.A, Bucarest). Ce système est décrit par 03 phases développement, maturité et dissipation telle qu'représenté sur la figure 03 (Morel, 1999).



Un sol qui est surchauffé chauffera l'air juste au-dessus

Figure 3. Formation de la précipitation de convection

(<https://slideplayer./3704205/>)

4.2. Précipitations orographiques

Lorsque les vents chargés d'humidité, soufflant ordinairement des océans vers les terres, abordent une barrière montagneuse, ou passent de la zone d'influence d'une mer relativement chaude à celle de vastes étendues de sol plus froid, les masses d'air humide ont tendance à s'élever et la détente qui en résulte produit un refroidissement qui peut entretenir la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations. Ces précipitations, dites orographiques se présentent sous forme de pluie ou de neige sur les versants au vent de la barrière montagneuse. Par ailleurs, l'obstruction produite sur le trajet des masses d'air humide par un massif montagneux engendre, sur le versant sous le vent, une zone de pluviosité relativement faible. L'air descendant sur ce versant s'échauffe par compression et son humidité relative diminue (effet de fœhn); il peut même en résulter un régime de vents secs et chauds donnant naissance à des zones semi-arides (Morel, 1999).

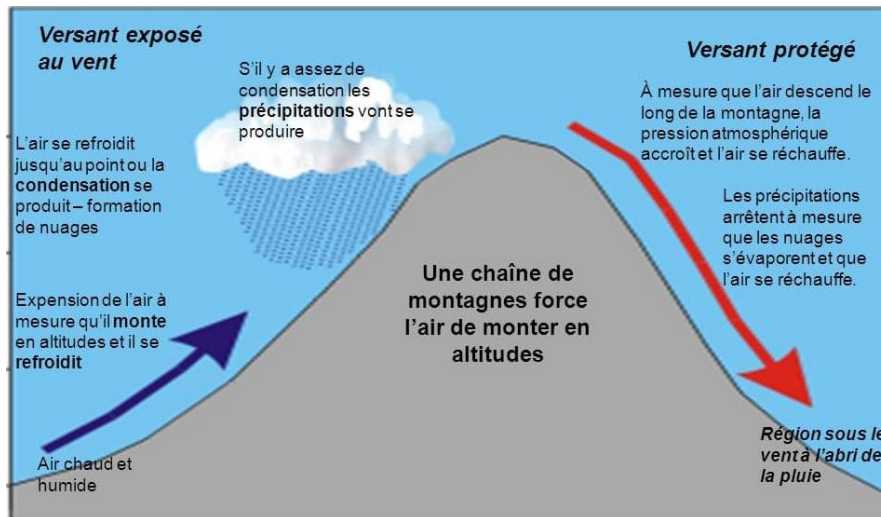


Figure 4. Précipitation orographique. (<https://slideplayer./3704205/>)

4.3. Les précipitations cycloniques

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

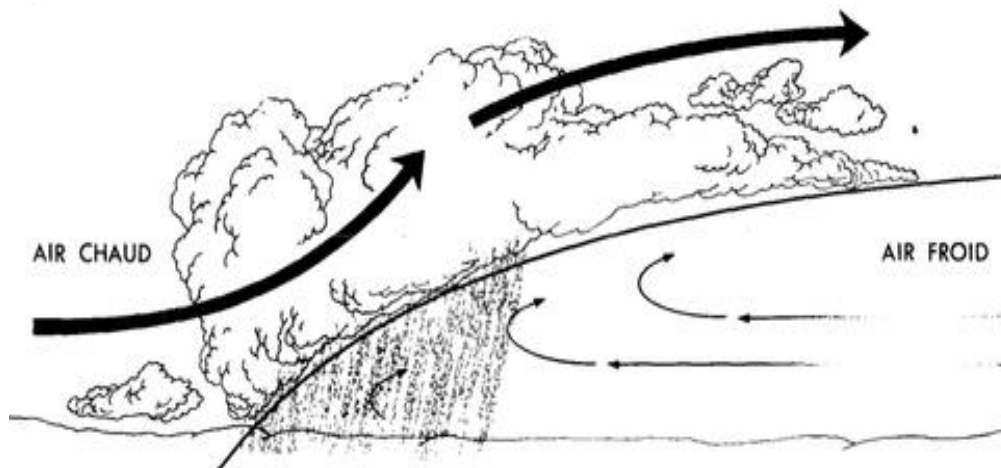


Figure 5. Précipitation cyclonique (Front chaud et froid) (Brahimi, 2014)

5. Répartition de précipitation

Pour qu'il pleuve, la nécessité de la présence d'une quantité de vapeur d'eau qui se renouvelle et d'une ascendance de l'air qui donne des nuages, il a été estimé qu'en moyenne

sur l'année et sur l'ensemble du globe terrestre, 65 % des précipitations qui arrivent à la surface terrestre s'évaporent, 24% ruissellent et 11% s'infiltrent.

Il y a trois zones de précipitations abondantes autour du globe;

- Une ceinture équatoriale, centrée un peu au Nord de l'équateur, qui se prolonge sur les côtes Orientales de l'Amérique tropicale et sur l'Asie du Sud-est.
- Une bande zonale régulière entre 40° et 60° parallèles sud, des zones orientées Sud Ouest.
- Sur les océans du Nord-est entre 30° et 60° parallèle nord, qui se prolongent un peu sur les continents. Elles sont toutes associées à des perturbations cycloniques.

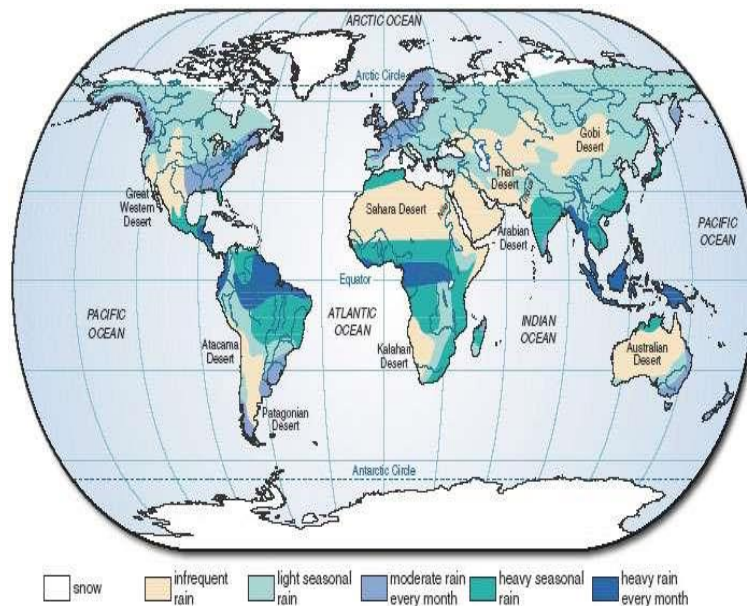


Figure 6. Distribution des précipitations annuelles à la surface du globe
(<https://slideplayer>).

La répartition des précipitations dans le monde est très hétérogène. Les pays situés sur la ligne équatoriale sont soumis à d'important régimes de précipitations, tant mensuellement (en bleu marine, heavy rain every month), que saisonnièrement (en bleu turquoise, heavy seasonal rain). Les régions désertiques comme le Sahara sont soumises à un faible régime de pluie (en beige, infrequent rain). Aux pôles, c'est la neige qui domine (en blanc, snow). Enfin aux moyennes latitudes, le régime de pluie est faible sur la saison (bleu clair, light seasonal rain) et modéré sur les mois (bleu ciel, moderate rain every month).

Il existe de vastes ensembles où les précipitations sont très faibles, inférieures à 250 mm par an. D'une part les cellules des hautes pressions tropicales, centrées à l'Est des océans qui mordent sur les continents voisins avec une exception notable : la zone sèche saharienne qui se prolonge loin vers l'Est jusqu'au centre de l'Asie (Hufty, 2001).

D'autre part, les déserts polaires et la plupart des toundras, qui correspondent à une quantité d'eau condensable inférieure au cm. Localement le relief vient perturber ces schéma.

En général, les façades exposées aux masses d'air maritimes reçoivent de grandes quantités d'eau. Les précipitations annuelles dépendent également des régimes pluviométriques qui, à l'échelle du globe, sont liés aux variations saisonnières de la circulation atmosphérique générale. Dans les régions intertropicales, les saisons pluvieuses correspondent aux passages de la zone de convergence intertropicale, et les périodes sèches à l'influence proche ou lointaine des cellules de haute pression tropicale. Dans les régions tempérées, il faut combiner les fréquences et la vigueur locales des dépressions cycloniques. Les régimes des précipitations devraient tenir compte de la forme, sous laquelle, elles tombent la même hauteur d'eau, peut provenir de la pluie ou de la neige, d'averses violentes ou de pluies fines continues (Hufty, 2001).

Les surfaces océaniques (71 % du globe) reçoivent 80 % des précipitations pour 20 % seulement sur les continents (29 % du globe), ainsi la relation de proportionnalité entre les précipitations (P) sur la géosphère et sur hydrosphère est :

$$P_{\text{continent}} = \frac{0,71 \cdot 0,20}{0,80 \cdot 0,29} P_{\text{océan}} = 0,6 P_{\text{océan}}$$

Les précipitations sur les océans apportent annuellement 1120 mm et sur la géosphère 672 mm. La zone équatoriale où les rayons solaires sont presque à la verticale, l'énergie solaire se transforme surtout en chaleur latente de vaporisation. L'effet est immédiat et trop souvent, la chaleur reçue pendant le jour produit suffisamment de nuage pour qu'un orage se déclenche en fin d'après-midi. La variation diurne de température atteint souvent 3 à 5°C, une amplitude journalière plus grande que celle saisonnière. La zone équatoriale est fortement arrosée notamment pendant les deux saisons où le soleil passe au zénith (Zella, 2019).

Chapitre IV. Mesure des précipitations

1. Définition des pluviomètres

Les pluviomètres qui donnent la hauteur de précipitation globale pendant un temps plus ou moins long, il est relevé en général une à deux fois par jour. Si l'appareil est relevé moins fréquemment, par exemple tous les 15 jours ou tous les mois, on dit alors que l'on observe un pluviomètre totalisateur. La pluviométrie regroupe aussi les mesures à pas de temps variable obtenues à l'aide d'enregistreurs, le terme pluviographe peut alors se substituer au terme pluviométrie (Yann, 1993).

2. Les types pluviomètres

2.1. Les pluviomètres non enregistreurs

N'importe quel récipient ouvert pourrait, en principe servir de pluviomètre, mais pour permettre des observations précises et surtout comparables entre elles, il est indispensable d'utiliser des pluviomètres normalisés. Toutefois, pour tirer le meilleur parti de pluviomètre de fortune que l'on est parfois conduit à utiliser pour suppléer la rareté des stations officielles au cours d'analyse détaillée des grandes averses, on tiendra compte des principes généraux suivants;

1. L'ouverture de l'orifice du pluviomètre doit être bien horizontale.
2. Pour une bonne fiabilité de pluviomètre la hauteur est 1.5 m
3. L'action de l'air variable avec sa vitesse et la situation plus ou moins exposée du pluviomètre qui le principe cause d'erreur dans la mesure des précipitations.

Exemple de ces pluviomètres;

Pluviomètre de « weather-bureau ». Pluviomètre « association »

2.2. Pluviomètre enregistreur

Dans de nombreuses études hydrologiques (prévision d'un débit de crue par exemple), il est indispensable de connaître non seulement la hauteur totale de précipitation afférente à une période calendaire assez longue (ajourner par exemple), mais aussi l'intensité (ou le débit) de ces précipitations exprimées en mm par heure ou par minute, à chaque instant au cours d'une averse. On utilise à cet effet des pluviomètres enregistreurs, dont le style trace sur un diagramme la courbe des hauteurs de précipitations cumulées en fonction du temps (ou un graphique permettant de calculer celle-ci facilement) (Merz, 2005)

Les types des pluviomètres enregistreurs;

- 1) Pluviographe à augets basculeurs
- 2) Pluviomètre R 208 à augets basculeurs
- 3) Pluviographe à siphon

4) Pluviomètre totalisateur

3. Les pluviographes

Qui permettent, en plus du total journalier, d'étudier l'intensité des pluies sur différents intervalles de temps, en général de la minute à plusieurs heures. Rappelons qu'avec un pluviographe, on peut non seulement mesurer le total des précipitations sur un temps donné (en particulier la journée), mais de plus étudier l'intensité de la pluie sur différents intervalles de temps, pratiquement d'une minute à plusieurs heures. Ces études sont très utiles, en particulier en hydrologie urbaine, partie de l'hydrologie qui traite de l'écoulement des eaux usées et pluviales en ville.

Pour schématiser, on peut dire que les réseaux d'égouts sont dimensionnés d'après différents facteurs, dont le plus important est l'intensité de pluie d'une durée de retour choisie sur des courbes dites « IDF » pour intensités, durées, fréquences, elles mêmes définies d'après les observations pluvio-graphiques en un lieu ou une région (Yann. 1993).

4. La hauteur des précipitations

Qui atteignent le sol pendant une période donnée est définie comme l'épaisseur que celles-ci couvriraient sur un plan horizontal, s'il n'y avait pas de pertes par écoulement, infiltration et évaporation, et si les précipitations solides fondaient sur place.

Dans le système Universel, cette hauteur de précipitation est exprimée en millimètres (mm) et dixièmes de millimètre. Les médias (TV, presse) donnent parfois des hauteurs de pluies souvent exceptionnelles et catastrophiques en litre par mètre-carré (l/m^2), cette unité plus parlante, est identique à celle utilisée par les météorologues (le millimètre) puisqu'en effet;

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 \quad 1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

D'autre part, dans certaines conditions, la vapeur d'eau des basses couches de l'atmosphère se condense directement sur les surfaces froides du sol ou des végétaux, sous forme de Rosée ou de gelée blanche. Ces quantités, généralement modestes vis a-vis des pluies ne sont pas mesurées avec les pluviomètres classiques et ne sont donc pas prises en compte dans les bilans hydrologiques. Toutefois, dans certaines régions tropicales montagneuses (au dessus de 600 m) proches des océans, ces précipitation occultes ou brouillards mouillants peuvent représenter un pourcentage important du total des eaux disponibles pour la végétation, et aller même jusqu'à dépasser le total des précipitations mesurées classiquement (Yann, 1993).

5. Mesure des pluviomètres

Il existe plusieurs sortes de pluviomètres, qui sont

5.1. Les pluviomètres manuels

- Qui permettent de mesurer la hauteur de précipitation globale pendant un temps plus ou moins long. Ils sont relevés en général une à deux fois par jour. Si l'appareil est relevé moins fréquemment, par exemple tous les 15 jours, tous les mois, voire une à deux fois par an, on dit alors que l'on observe un pluviomètre totalisateur. La plupart des pluviomètres manuels sont des pluviomètres journaliers relevés au moins une fois par jour. Il est indispensable d'utiliser des pluviomètres normalisés, et de respecter quelques principes généraux.
- La collerette du pluviomètre doit être bien horizontale: en pratique on pourra estimer à 1% l'erreur produite par chaque degré d'inclinaison du pluviomètre sur l'horizontale, tant que celle-ci ne dépasse pas 10.
- En une même station, pour une même hauteur de précipitation, la quantité d'eau recueillie par un pluviomètre est, en général, d'autant plus faible que sa surface collectrice est à une hauteur élevée au-dessus du sol. La norme française est de 1 m entre la bague et le sol.
- Le vent est la principale cause d'erreur dans la mesure des précipitations (Morel, 1999).



Figure 7. Pluviomètre manuel. (<https://www.meteo-fr>)

5.2. Les pluviomètres optiques

Ils utilisent un faisceau laser transmis à un capteur. Lorsque les gouttes traversent le faisceau, elles projettent une ombre sur le capteur, qui mesure le taux de précipitation. « C'est une sorte de compteur de gouttes » (Ahmed, 2002).



Figure 8. Pluviomètres optiques (<https://www.universmeteo.com>).

3. Les pluviographes enregistreurs

Qui permettent d'étudier l'intensité des pluies sur différents intervalles de temps, en général de la minute à plusieurs heures, mais aussi de déterminer les pluies journalières ou les cumuls sur des pas de temps supérieurs. Avec un pluviographe enregistreur, on obtient des graphiques, nommés pluviogrammes, ou des enregistrements sur mémoires magnétiques. On peut ainsi étudier l'intensité de la pluie sur différents intervalles de temps, pratiquement d'une minute à plusieurs heures et déterminer le total des précipitations sur une durée donnée (par exemple la journée de 7 heures à 7 heures le lendemain). Une intensité de pluie est exprimée en millimètres par heure sur M ou sur H heures. Les intensités de pluies sont utilisées en particulier en hydrologie urbaine, partie de l'hydrologie qui traite de l'écoulement des eaux usées et pluviales en ville (Morel, 1999).

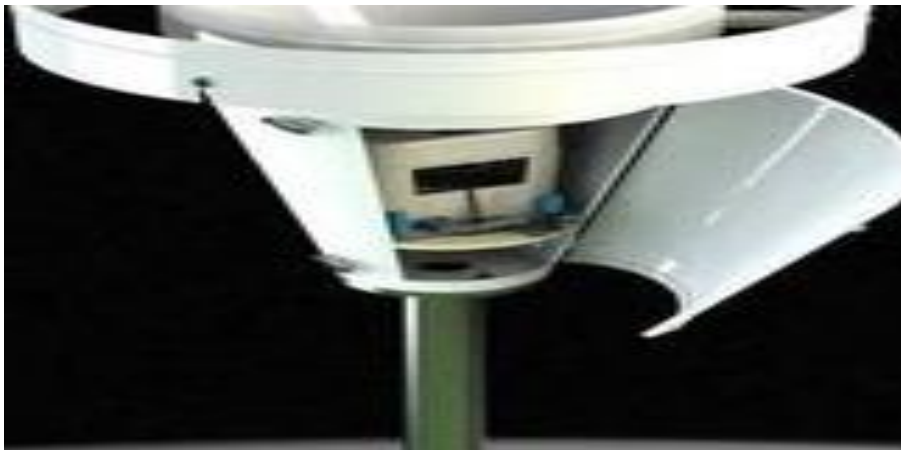


Figure 9. Pluviographe enregistreur (<https://www.universmeteo.com>).

4. Les pluviomètres à auget basculeur

Le collecteur dirige la pluie vers une sorte de petite balançoire tape-cul formée de deux réceptacles métalliques, ou augets, de petite taille de part et d'autre d'un axe horizontal. L'eau s'accumule dans celui à l'horizontale qui bascule quand il a atteint poids nécessaire, et se décharge de son eau par gravité. La quantité de précipitations est mesurée par le nombre de

basculements effectués par les augets, détecté par un système mécanique ou optique (Ahmed, 2002).



Figure 10. Pluviomètre à auget basculeur ([https://geneq. Com. /environnement](https://geneq.com/environnement)).

5. Un radar météorologique

Est un type de radar utilisé en météorologie pour repérer les précipitations, calculer leurs déplacements et déterminer leur type (pluie, Neige, grêle, etc.).

La structure tridimensionnelle des données obtenues permettent également d'inférer les mouvements des précipitations dans les nuages et ainsi de repérer ceux qui pourraient causer des dommages. Enfin, en se servant des précipitations comme traceurs, on peut en déduire la direction radiale et la vitesse des vents dans la basse atmosphère.

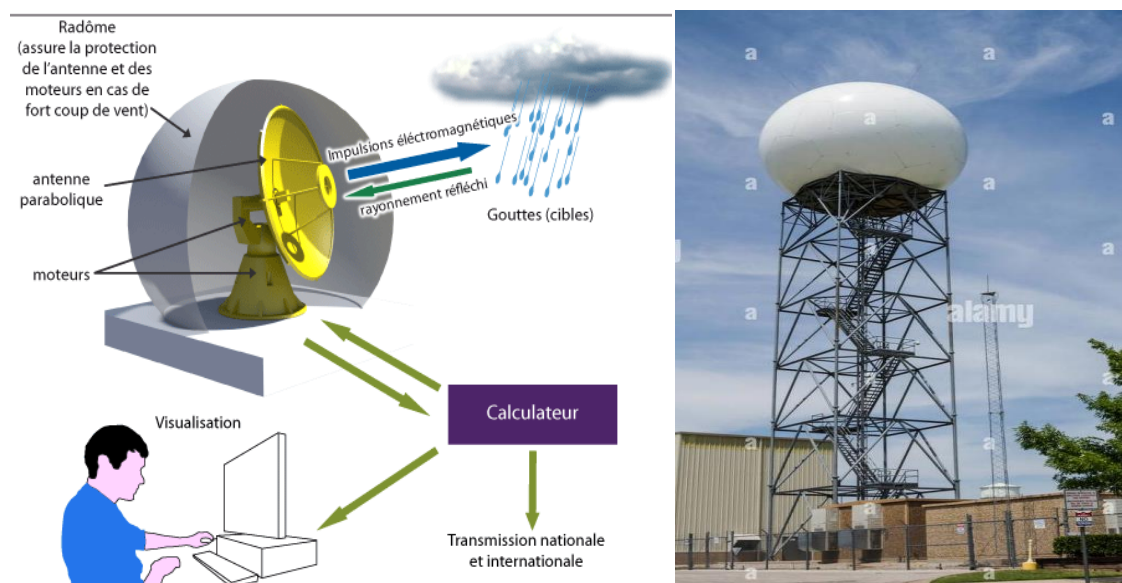


Figure 11. Fonction du radar météorologique (<https://www.alamyimages>).

Cette méthode fait parti de notre étude, le satellite fonctionne au principe de la télédétection.

Chapitre V. Impact de la pluviométrie

1. Sécheresses

La sécheresse peut être définie comme un phénomène naturel due essentiellement à un déficit des précipitations qui, associé à d'autres facteurs climatiques (températures élevées, vents forts, hygrométrie faible, etc.), provoque, s'il est prolongé dans le temps, une diminution du ruissellement des cours d'eau et de l'humidité des sols et un renouvellement insuffisant des aquifères. Ce phénomène est amplifié par l'action néfaste de l'homme sur l'environnement (déforestation, rejets des gaz nocifs, pression du cheptel sur les parcours, surexploitation des ressources naturelles « eaux et sols » (Mohamed, 2019).

La sécheresse est un déficit anormal, sur une période prolongée, d'une (au moins) des composantes du cycle hydrologique terrestre. L'aridité caractérise une pénurie d'eau structurelle. On distingue :

- La sécheresse météorologique qui correspond à un déficit prolongé de précipitations.
- La sécheresse édaphique, c'est-à-dire du sol, dite aussi sécheresse agricole car elle impacte directement la production agricole. Elle résulte d'un manque d'eau disponible dans le sol pour les plantes, ce qui impacte toute la production végétale, et indirectement la production animale.
- La sécheresse édaphique est estimée à partir des termes du bilan hydrique (précipitation, évaporation et évapotranspiration) et de la réserve Utile des sols (RU). La plupart des sécheresses dont parlent les médias sont des sécheresses édaphiques, du fait de leur impact sur l'activité agricole. Ces épisodes sont plus fréquents et plus intenses. Parmi les sécheresses "historiques", on compte 1976, 1989, 1990, 2003, 2005, 2015, 2018, 2019, et sans doute 2020.
- La sécheresse hydrologique correspond à un déficit de débit des cours d'eau, des niveaux bas des nappes ou des retenues, sur une période ou une année pendant laquelle les débits sont très inférieurs à la moyenne. Une attention est portée sur la fréquence et la durée des périodes d'asses (sans écoulement), l'intermittence des cours d'eau.

La sécheresse hydrologique peut se caractériser par ses conséquences sur l'eau comme un milieu de vie et comme ressource : les écosystèmes aquatiques sont impactés par les sécheresses ; des pénuries d'eau peuvent affecter la vie économique. Les conséquences écologiques et économiques de la sécheresse hydrologique peuvent être aggravées par les rejets d'eaux usées, en raison d'une moindre dilution des flux polluants (Djedjiga, 2020).

2. Impacts de la sécheresse par secteurs

2.1. Sur le secteur des ressources en eau

1. La diminution des apports aux barrages et lacs va engendrer la diminution des stocks d'eau dans les réservoirs naturels (lacs) et artificiels (barrages) et perturber la distribution de l'eau vers les agglomérations et périmètres irrigués.
2. Le déficit pluviométrique va diminuer le taux de renouvellement des eaux souterraines et pousser à l'excès d'exploitation et /ou de sur exploitation les nappes.
3. Le déficit de la demande en eau engendrée par les deux points précédents confronté à l'augmentation de la demande agricole et en AEP 'Alimentation en eau potable' provoqué des pressions plus grandes sur l'exploitation des nappes renouvelables ou pas (fossiles) (Mohamed, 2019).

2.2. Sur les secteurs agricoles, des forêts et de la biodiversité

1. Le déficit saisonnier de la pluie associé à la rareté de l'eau et à l'augmentation des températures va Diminuer l'humidité du sol ;
 - Entraver la croissance végétale.
 - Diminuer les rendements des cultures et des parcours.
 - Mettre en danger le bétail.
2. La vulnérabilité accrue des arbres, des zones forestières, maquis et steppes va :
 - Accentuer d'une part les feux de forêts l'érosion éolienne et les dépôts de sédiments éoliens.
 - Influencer sur la biodiversité de la faune et de la flore par la migration de populations animales sauvages et l'extinction de certaines espèces.
 - Influencer sur certains acridiens transfrontaliers, en déclenchant le processus de grégarisation, suite à la réduction de la masse végétale verte provoquant, ainsi la concentration des criquets sur ce qui reste disponible.
 - Après épuisement total de l'alimentation, les criquets quittent la zone à la recherche d'autres régions plus favorables sous forme d'essaims.
 - Favoriser le prolongement de l'aire d'habitat, notamment des criquets qui exigent de faible humidité, dans des régions qui peuvent devenir des zones de reproduction suite au phénomène de sécheresse répétée.
 - Augmenter la sensibilité de la faune et du bétail aux maladies habituelles ou nouvelles engendrées par les migrations.

3. Inondation

Une crue d'un cours d'eau est un débit important d'eau douce, de courte durée, dans un courant d'eau, résultant d'un événement météorologique comme de fortes pluies ou la fonte rapide des neiges. Autrement dit, la crue qualifie un gonflement brusque de l'hydrogramme dû à l'augmentation du débit d'une rivière ou de tout cours d'eau. Il y a différents types d'inondation sont susceptibles d'affecter l'Algérie et sont cités dans les différents ouvrages que nous avons consultés.

3.1. Inondation dites pluviales

Les zones de stagnation des eaux de pluies, en particulier en zone urbaine, l'état de la capacité du réseau d'évacuation pluviale sont souvent le facteur déterminant des quartiers les plus bas. Les zones de dépression, qui ne peuvent offrir aux eaux de pluies, d'autres exutoires que l'infiltration dans le sous-sol ou l'évaporation.

3.2. Débordement des cours d'eau

Un débordement, peut avoir lieu suite à une crue, l'oued sort de son lit mineur pour occuper le lit majeur et envahir des zones à faibles altitudes et pentes ; par submersion de berges, les dégâts peuvent être élevés, avec existence de risque de noyade (notamment en franchissant les gués et arrivée simultanée de la crue). Le débordement indirect d'un cours d'eau, peut être causé aussi par la rupture d'un système d'endiguement (barrage) ou autres, ouvrages de protection.

3.3. Inondation torrentielle

Ce type de crue se forme par enrichissement du débit d'un torrent matière solide qui accroît fortement son pouvoir érosif. L'enrichissement en matériaux peut provenir d'arrachement des berges dû au débit anormal du cours d'eau ou à un ruissellement important sur le bassin versant amenant une importante charge solide. Cette dernière affecte les petits bassins Versants d'une dizaine de km², ce type est très fréquent en Algérie.

3.4. Ruptures d'embâcles (barrages)

Le risque de rupture de barrage concerne l'ouvrage comportant à la fois un réservoir d'une capacité d'emmagasinement, avec une digue d'une hauteur donnée (hm). La rupture est liée à une dégradation de l'état de l'ouvrage, qui peut être alors constatée par les mesures de surveillance, ou bien par un choc sismique très violent, qui se répond avec des accélérations inattendues des ondes sismiques au niveau de la digue ((Diane, 2008).

3.5. Types des crues

- ✓ Les crues océaniques sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges.

La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles.

La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.

- ✓ Les crues torrentielles résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques heures et deux journées, et se produisent très vite après les pluies (moins de 24h).

Ces crues, plus fréquentes dans les zones à relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical (Diane, 2008).

5. Impact des inondations sur les activités agricoles

• Inondations et fertilisation des sols

Les inondations sont reconnues pour avoir un côté négatif. Mais pour, les crues peuvent avoir des effets positifs pour l'environnement. Selon lui, elles contribuent au remplissage de la nappe phréatique, à la fertilisation des sols à travers le dépôt des sédiments. Par ailleurs, on note que les inondations sont un phénomène ambivalent pour la société, car peuvent avoir les impacts positifs et négatifs sur les zones agricoles et les espaces naturels.

Toutefois, les conséquences sont également fonction de l'intensité et de la durée de ce phénomène, fertilisation passe par l'accumulation des sédiments en aval due au processus d'érosion qui met en exergue le ruissellement et l'écoulement qui se font avec transport des particules arrachées, tout au long des pentes abruptes vers les pentes faibles. Les sédiments transportés sont aussi constitués d'origine détritique c'est-à-dire des débris végétaux et animaux issus de la décomposition.

Cet humus est un fertilisant du sol qui favorise la croissance des végétaux. Cette croissance passe par le système racinaire. Les racines des plantes se servent des minéraux du sol qui se trouvent dans les interstices pour alimenter le feuillage afin que celles-ci, évoluent dans les bonnes conditions et que la beauté éco-systémique de cette vallée, soit affirmée quelques temps après les inondations. Ces débris contribuent favorablement à l'humification, ce qui accentue la fertilisation et par conséquent stimule la croissance agricole (Tchokomakwa, 2007).

Partie 2

Expérimentales

Chapitre I. Aperçu général sur la région d'étude

1. Situation géographique

La ville d'Alger est située au centre-nord de la république algérienne, surplombant le versant ouest du golfe de la mer Méditerranée. Elle se compose de deux parties : une partie dite de la kasbah et s'étendant au bord d'une colline escarpée (122 mètres d'altitude), et une partie moderne située au niveau de la côte près de la mer.

La ville s'est étendue au nord-ouest au pied du djébel Bouzareah, qui culmine à 400 mètres, et s'est étendue vers l'est derrière l'embouchure de oued el Harrach au détriment des terres fertiles de la plaine Mitidja le long du golfe .vers le sud et le sud-ouest sur les collines pentues de la côte, là où la ville a englouti d'anciens villages agricoles.

Limitées territoriales

Limitrophes de la wilaya Alger:

Nord: mer méditerranée. Ouest: Tipaza (koéa). Sud: Blida (chebli, bougara, ouled slama, la rbâa, Meftah). Est: Boumerdés (boudouaou, ouled hedadj).

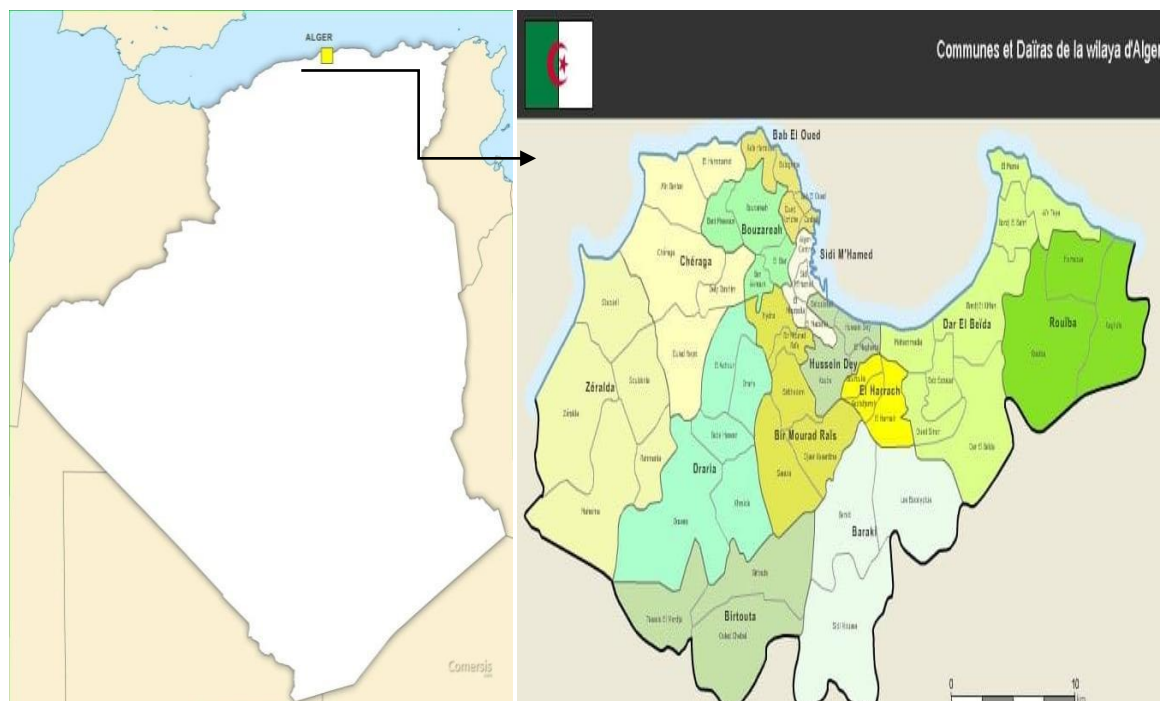


Figure 12. Situation géographique de la wilaya d'Alger

(<https://commons.wikimedia.org/>)

2. Situation démographique

La population estimée au 2 /02/2020 à 3154 792 habitants. Elle est également la moins étendue, avec une superficie de 1 190 km², et une densité de 2651 habitants/Km².

3. Climat

L'Algérie appartient au domaine du climat méditerranéen, caractérisé par une grande variabilité des précipitations durant la période froide ou relativement froide, un photopériodisme et un thermo-périodisme quotidien et saisonnier et surtout une sécheresse estivale. Le pays a été touché par plusieurs catastrophes naturelles dans les décennies précédentes, notamment des sécheresses et des inondations, dont les plus meurtrières ont été celles de l'automne 2001. C'est le bassin versant de l'oued Koriche, avec une superficie d'environ 10 km², qui a été très affecté par les pluies diluviennes qui se sont abattues les 9 et 10 novembre 2001. La dénivellation de plus de 300 mètres, la forme compacte et ramassée avec une pente de 45% par endroits et le déboisement du monticule algérois à la faveur de l'urbanisation, a favorisé le drainage rapide vers Bab el Oued.

Le réseau hydrographique est constitué de quatre oueds dont le plus important, l'oued Ben Lazzhari, prend sa source au sud-est de Bouzaréah et rejoint l'Oued Koriche à l'exutoire duquel se situe le quartier populaire de Bab el Oued à très forte urbanisation. L'intensité des pluies et le drainage rapide ont provoqué un débit de pointe de la crue au niveau de la passerelle de Triolet estimé à 730 m³/s pour un volume écoulé d'environ 2 600 000 m³ (Djellouli et al., 2003).

4. Relief

Le relief de la wilaya d'Alger se caractérise par trois zones longitudinales qui sont le sahel, le littoral et la Mitidja

- **Le sahel** : en forme de sommets plats, il constitue une région de colline aux formes douces d'attitudes variables, généralement plus de 200 m à l'ouest de la baie d'Alger avec un point culminant de 470 m à Bouzaréah.
- **Le littoral** : dominé par le sahel, il est constitué par une ancienne terrasse étroite et faible (moins de 25m) et représente des pentes inférieures à 12% et une inclination généralement orientée vers le nord.
- **La Mitidja** : elle est constituée d'alluvions formant des sols de bonne fertilité, l'altitude de cette plaine ne dépasse pas 50 m, la nappe phréatique favorise le développement des cultures maraîchères.

5. La végétation

Le couvert végétal le patrimoine forestier de la wilaya d'Alger occupe une superficie de 5000 hectares répartie sur 113 sites. Il est réparti en 02 catégories ;

- a) Bois urbains : superficies de 5 ha à 10 ha, répartis à travers 33 communes, notamment celles y trouvant au centre et Est de la wilaya.

- b) Grandes Etendues Boisées: superficies entre 10 à 600 Ha, répartis à travers 24 communes, notamment celles y trouvant à l'Ouest et au Sud- Ouest de la wilaya.

6. Bassin versant

Le bassin versant des côtiers de l'Algérois est caractérisé par un relief accidenté avec des sommets qui atteignent 1415 m (Djebel Dahra) dans la partie Ouest du bassin et 2308 m (Djebel Djurdjura, Kabylie) dans la partie Est du bassin.

Ces chaînes montagneuses et l'Atlas Blidéen qui succèdent à la plaine de la Mitidja causent l'appauvrissement progressif de l'atmosphère en vapeur d'eau. Celles-ci ont une grande influence sur les variations spatiales de la pluviométrie (Dr Mohamed, 2005).

Chapitre II. Matériels et méthodes

1. Analyse des séries pluviométrique annuelles et mensuelle à la wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2020)

Pour définir précisément les caractéristiques statistiques de la chronique étudiée (1972-2020), de la station Dar el Beida wilaya Alger, nous appliquerons une série de tests statistiques permettant d'identifier les différentes situations extrêmes qu'a connues la wilaya lors de cette chronique, ainsi d'extraire l'ensemble des informations qui peuvent nous renseigner sur les caractéristique climatiques de cette période.

Nous avons traité les données des précipitations enregistrées au niveau de la station Dar el Beida à l'échelle annule, mensuelle, par Excel pour extraire les différentes graphiques représentatifs et les analyser par la suite.

1.1. Analyse des séries pluviométrique annuelles

Nous avons faire une calcule la moyenne annuelle des précipitations

La moyenne est la valeur de la variable qui, affectant uniformément l'ensemble des unités d'observation, conserverait l'effet total de la variable La « moyenne » se note « \bar{X} » (x barre) on lira : Si la variable statistique est donnée sous forme d'une série x_1, x_2, \dots, x_n , la moyenne arithmétique est à la somme des « x_i » divisée par le nombre « n » étant légal au nombre de « x » de la série) .. La moyenne arithmétique est égale au rapport :

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

On calcule probabilités des précipitations annuelles, et la quantité maximale et minimale des pluies. Une extraction les pourcentages de hauteur précipitations annuelles.

Une étude des périodes déficitaires par les indices de pluviosités annuelle et écarts a la moyenne :

Situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne;

$$E_i = \left(\frac{p_i}{P_m} \right) - 1$$

E_i : indice de l'année. P_i : pluviométrie de l'année i (mm). P_m : moyenne des pluies sur la chronique considérée

Le rapport P_i/P_m est appelé indice de pluviosité.

Une année peut être qualifiée de normale si l'écart à la pluviométrie moyenne (P_m) (est proche de 0, nous dirons qu'une année est normale si cet écart est compris entre -0,1 et + 0,1 (déficit ou excédent inférieur à 10%).

L'année est considérée déficitaire lorsque E est inférieur à -0,1 et excédentaire lorsque E est supérieur à +0,1.

Le cumul de ces écarts sur des années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année sur l'autre: quand la somme des indices est croissante on peut dire que la période est humide et vice versa.

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

Toutes les représentations évolutives sont associées à la tendance des précipitations moyennes annuelles des stations de Dar Beida wilaya d'Alger

1.2. Analyse des séries pluviométriques mensuelles

Le but de cette analyse est d'avoir une idée sur la distribution des pluies à l'échelle mensuelle. En effet la variation mensuelle des pluies permet de mieux comprendre la répartition temporelle des précipitations sur les mois.

Nous avons faire une calcule la moyenne mensuel des précipitations sur les périodes (1972-2020).

2. Indice de De MARTONNE

L'indice d'aridité annuelle de De Martonne est défini comme suit :

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

Où

T : température moyenne annuelle. p : précipitation moyenne annuelle.

De Martonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques ou hyperarides ($I < 5$) aux zones humides à forêt prépondérante ($I > 40$). Les zones hyperarides sont caractérisées par des précipitations exceptionnelles.

3. Indice de continentalité pluviale d'ANGOT

L'indice d'Agot mesure la concentration saisonnier des précipitations moyennant l'indice C qui est le rapport entre la quantité des précipitations des six mois les plus chauds et la quantité des précipitations des six mois les plus froids.

$$C = \frac{P_{6\text{mois+chauds}}}{P_{6\text{mois+froids}}}$$

Chapitre III. Résultats et discussion

Nous avons traité les données des précipitations enregistrées au niveau de la station Dar El Beida à l'échelle annuelle, par Excel pour extraire les différents graphiques représentatifs et analyser par la suite.

I. 1. La moyenne annuelle de la pluviométrie

D'analyser les précipitations de la wilaya Alger pour une chronique de 49 ans (1972-2020). La valeur annuelle de la précipitation de notre zone d'étude varie entre une valeur maximale de 990,4 mm calculée sur 1973 et une valeur minimale de 258,28 mm calculée sur 2001. Le caractère aléatoire et irrégulier est bien souligné dans notre zone d'étude, chose clairement visible à travers la figure (13).

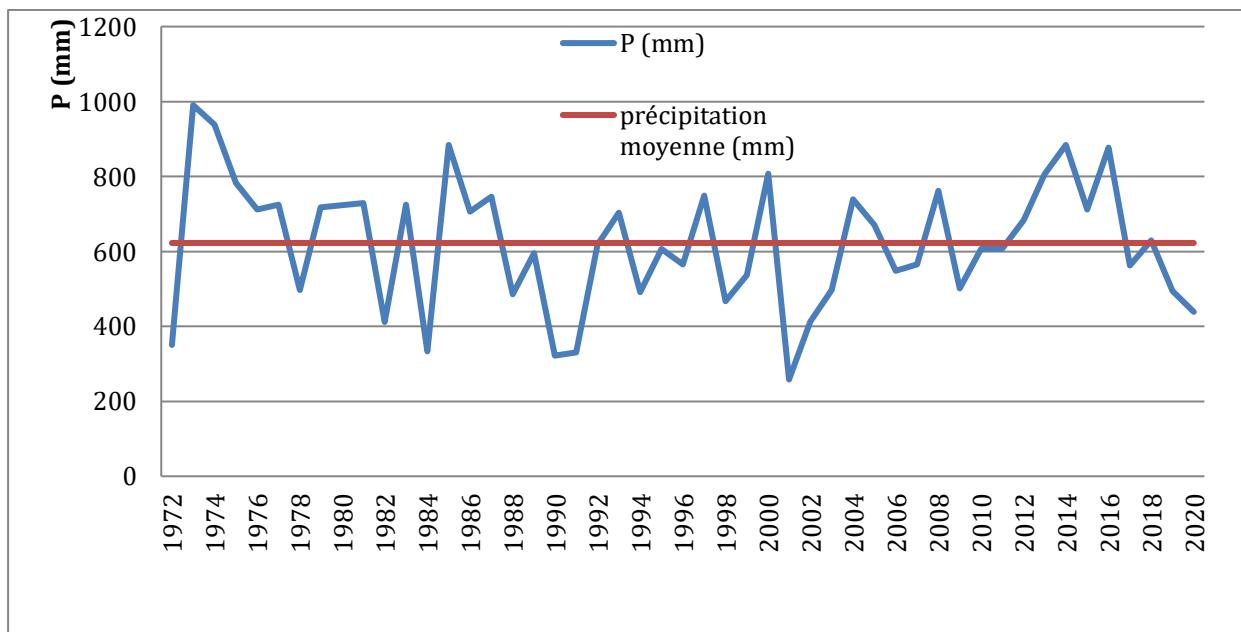


Figure 13. Précipitation annuelles à l'Algéroise à station Dar Beida par rapport à la moyenne durant la période historique (1972-2020).

2. Probabilité des précipitations annuelles à l'Algéroise par rapport à la moyenne

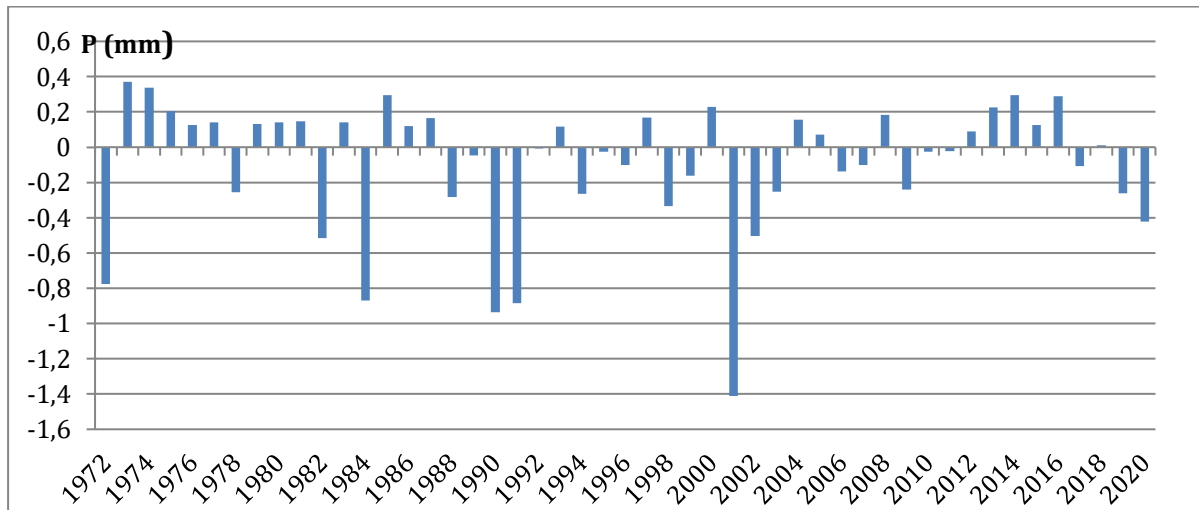


Figure 14. Probabilité des précipitations annuelles à wilaya d'Alger station Dar Beida durant la période historique (1972- 2020).

L'analyse montre que les apports pluviométriques on divise 03 par rapport a la moyenne sont ;

- Précipitation maximums se situent de 24 ans (1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1979, 1980, 1981, 1983, 1985, 1986, 1987, 1993, 1997, 2000, 2004, 2005, 2008, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018), la valeur maximale 990, 4 mm calculée sur 1973, et la valeur minimale 618, 02 mm a l'année 2018.
- Précipitation normal se situent de 04 ans (1992, 1995, 2010, 2011).
- Précipitation minimum se situent de 21 ans (1972, 1978, 1982, 1984, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1996, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2009, 2017, 2019, 2020), la valeur maximale 595, 37 mm a l'année 1989, et la valeur minimale 258, 28 mm a calculée 2001.

3. Nombre de mois avec de pluie

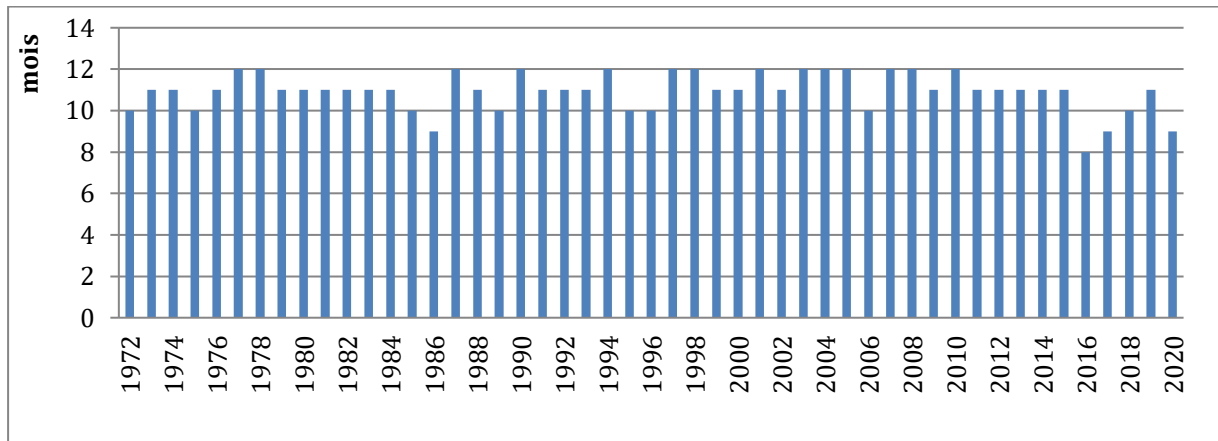


Figure 15. Nombre de mois avec pluie sur l'année à la wilaya d'Alger station Dar Beida durant la période historique (1972-2020).

Selon la figure 15, le nombre de mois pluvieux se diffère d'une année à l'autre (49 ans), le nombre s'élève à 12 mois (tout les mois pluvier) en 14 ans : (1997-1978-1987 -1990- 1994-1997- 1998- 2001- 2003- 2004- 2005- 2007-2008 -2010), contre une diminution à 8 mois en (2016).

4. Quantité annuelles des pluies

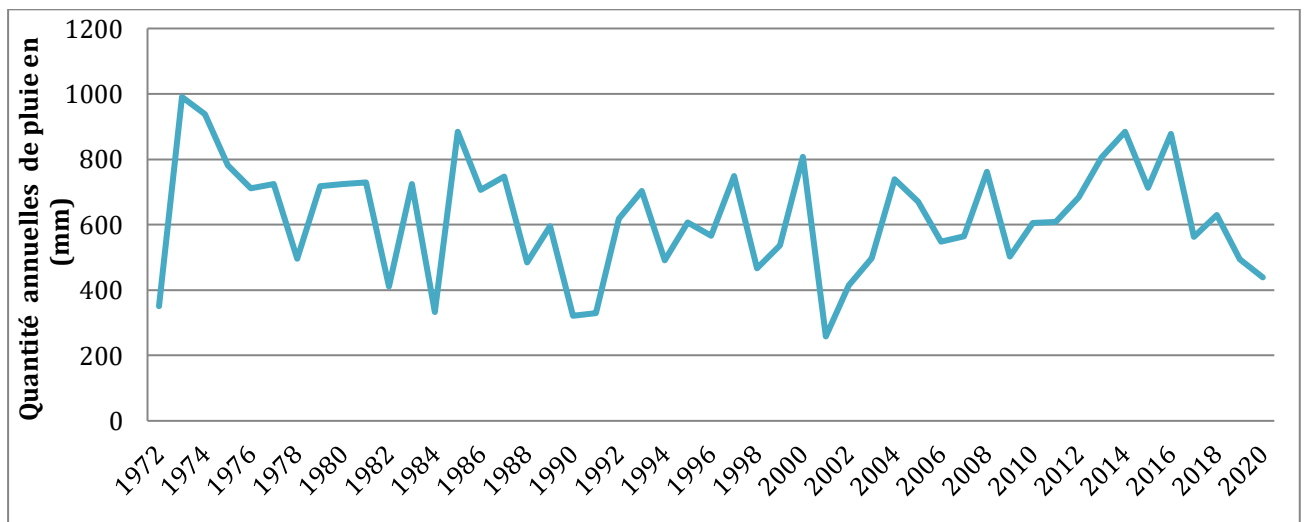


Figure 16. Quantité annuelle de pluie à région l'Algéroise station Dar Beida durant la période historique (1972-2020).

L'analyse de quantité annuelle de pluie on deux variable le maximum et le minimum

- Valeur maximum 990,4 mm en 1973 et 884,4 mm en 1985.
- Valeur minimum 258,03 mm en 2001.

5. Etudes des périodes déficitaires par les indices de pluviosités annuelle et écarts a la moyenne

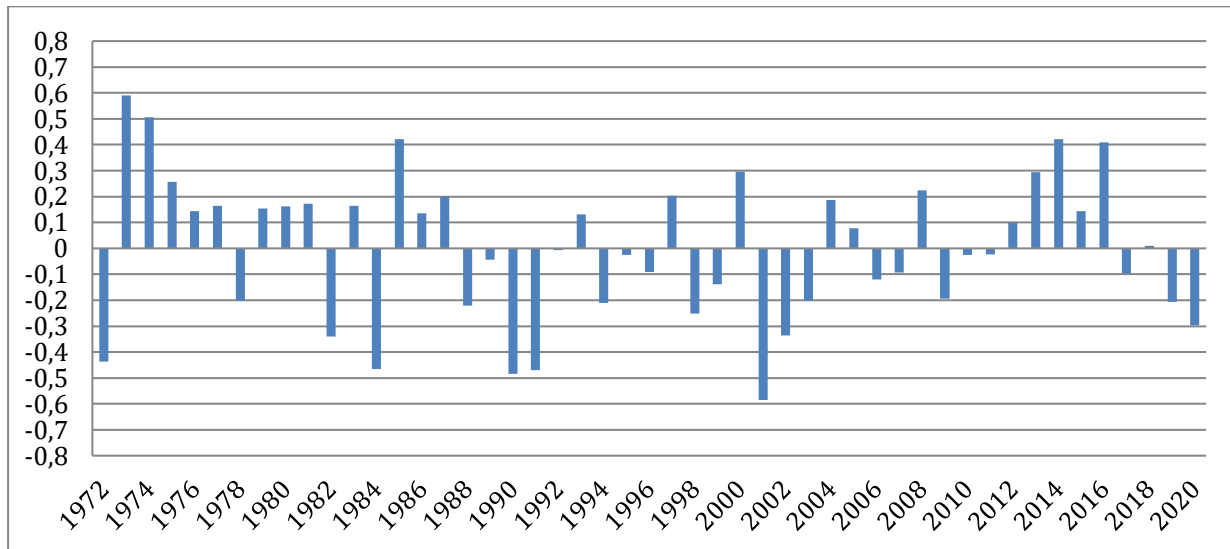


Figure 17. Ecart relatifs à la moyenne de wilaya d'Alger station Dar Beida durant la période historique (1972-2020).

Sur la chronique de 49 années (1972-2020) de pluviométries annuelles observées à Algéroise l'étude des écarts relatifs à la moyenne montrent que

- 19 années (1972, 1978, 1982, 1984, 1988, 1990, 1991, 1994, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2009, 2017, 2019, 2020) sont nettement déficitaires.
- 08 années (1989, 1992, 1995, 1996, 2005, 2010, 2011, 2018) sont nettement normales.
- 22 années (1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1979, 1980, 1981, 1983, 1985, 1986, 1987, 1993, 1997, 2000, 2004, 2008, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016) sont nettement excédentaires (figure17).

6. Pourcentage des hauteurs précipitations annuelles

Parmi les pluviométriques annuelles calculer le % des pluies qui analemment à ces class

Tableau 4. Le pourcentage de hauteur précipitations annuelles à wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2022)

Pluie	200.300	300.400	400.500	500.600	600.700	700.800	800.900	900.1000
Nombre								
Des ans	1	4	9	7	7	14	5	2
N/49	0,0204	0,0816	0,1836	0,1428	0,1428	0,2857	0,1020	0,0408
%	2,04	8,16	18,37	14,29	14,29	28,57	10,20	4,08

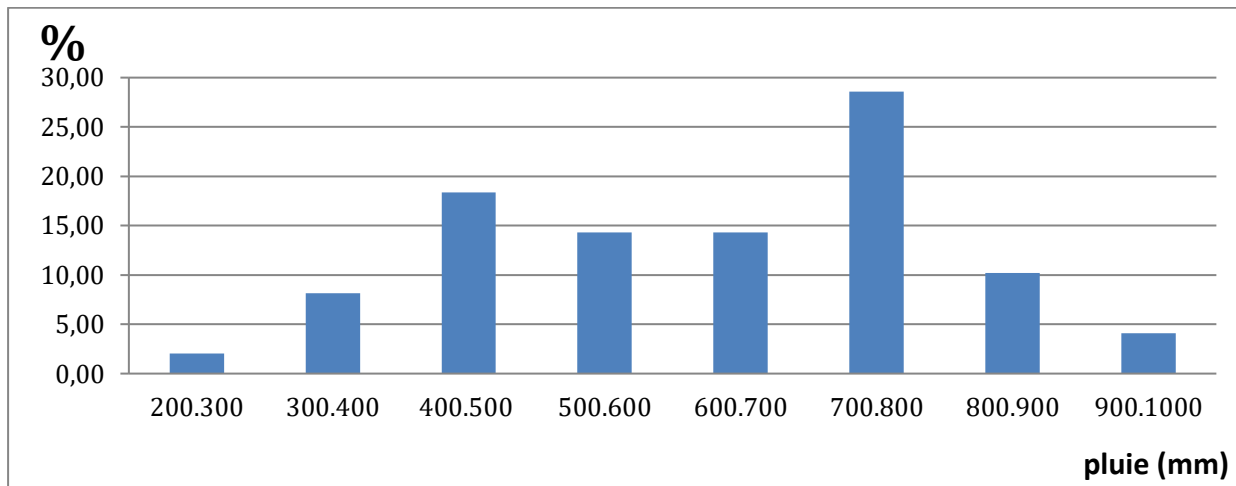


Figure 18. Classification des pourcentages de hauteur des précipitations à wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2022).

Selon le graphique de classification des pourcentages de hauteur de précipitation (figure 18), la hauteur de pluie qui donne (75%), de la pluie à Algéroise elle est dans la classe comprise entre les pluies 400-800 mm.

7. Variation de la précipitation moyenne et la tendance à wilaya d'Alger durant la période historique (1972-2020)

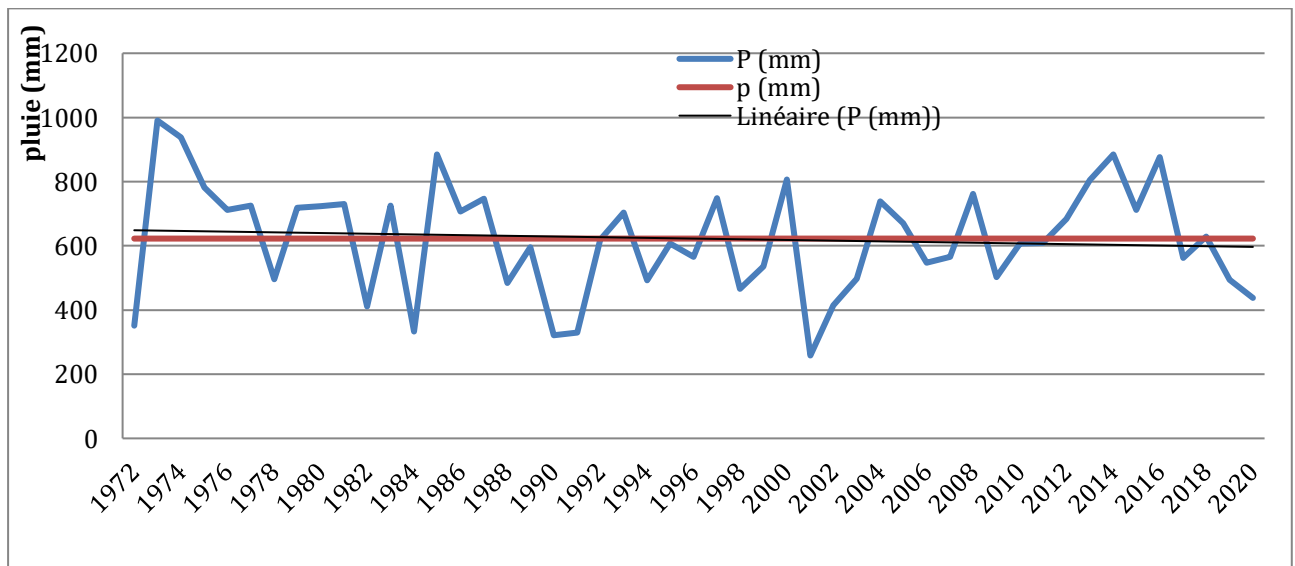


Figure 19. La tendance précipitation moyenne annuelle à wilaya d'Alger à la station Dar Beida durant la période historique (1972-2020).

D'après la représentation évolutive sont associés à la tendance des précipitations moyennes annuelles des stations Dar Beida durant la période historique (1972-2020)

- Représente une augmentation du pluviométrique entre les années 1972 et 2000 par rapport à la moyenne.
- Représente une baisse du régime pluviométrique entre 2000 et 2020 par rapport à la moyenne.

II. 1. Moyenne mensuelle interannuelle

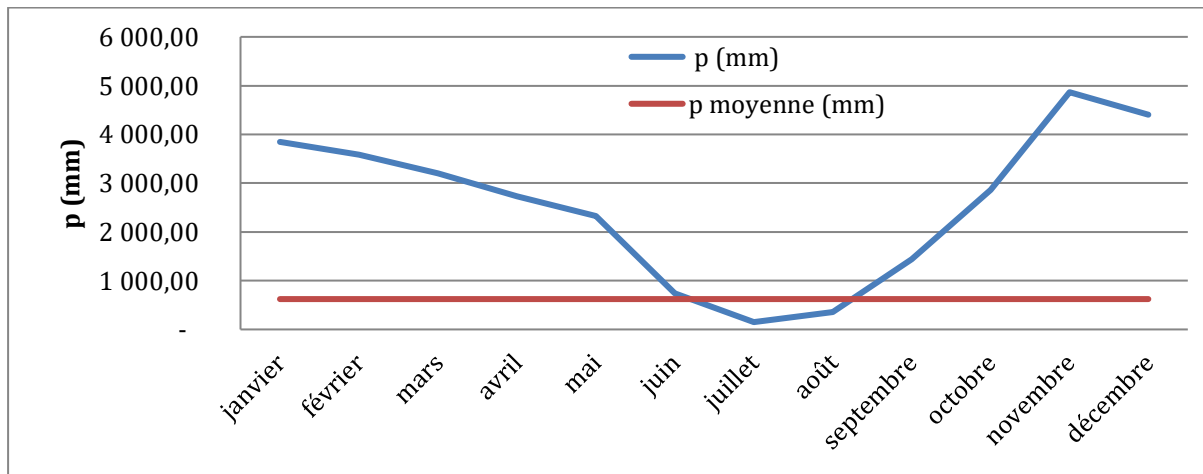


Figure 20. Précipitation mensuelle de wilaya d'Alger par rapport à la moyenne durant la période historique (1972-2020).

A l'Algéroise la précipitation mensuelle interannuelle augmentent progressivement de mois Septembre jusqu'à le mois Mai, marquant un maximum en Novembre 4 865,24 mm, puis diminuent pour atteindre un minimum en été, le mois le plus sec étant Juillet avec 150,90 mm.

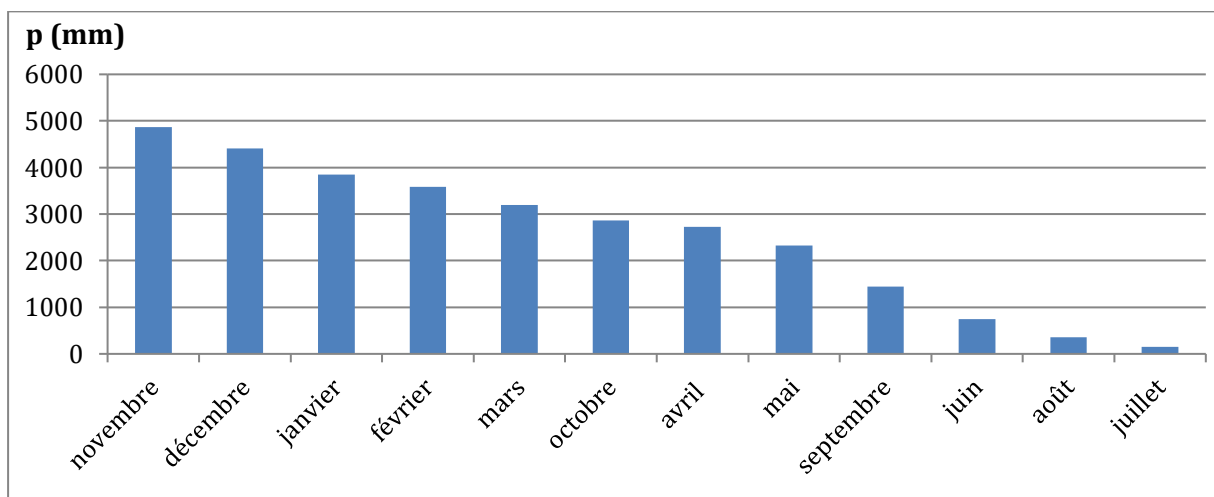


Figure 21. Précipitation mensuelle de wilaya d'Alger, afin de la valeur plus élevée à la plus petite valeur durant la période historique (1972-2020).

L'analyse des précipitations mensuelles caractérisée par une forte variabilité au niveau des Novembre 4865,24 mm et Décembre 4404,23 mm. Les mois de juin 743,63 mm et juillet 150,9 mm des valeurs faible.

2. précipitation mensuelle

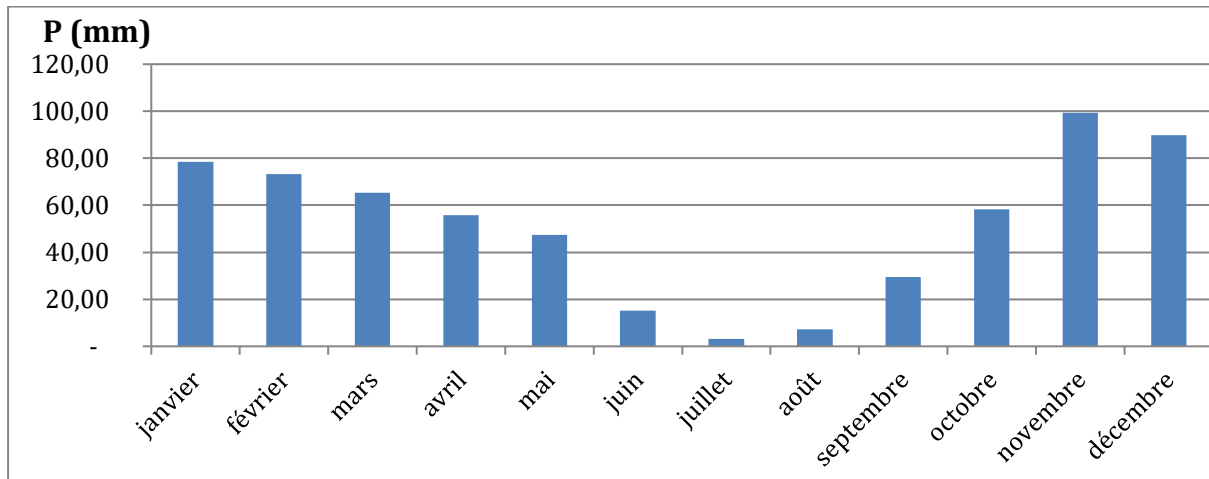


Figure 22. Précipitation mensuelles à la wilaya d'Alger station Dar El Beida durant la période historique (1972-2020).

L'analyse de la figure ci-dessous (fig. 22) met en évidence une forte variabilité pluviométrique mensuelle.

En effet, on peut classer deux périodes distinctes qui contrastent fortement en termes de précipitation ;

- Période Octobre – Mai: c'est la période où la pluviométrie local est la plus forte (99, 29 mm en mensuelle pour le mois Novembre (1972- 2020), c'est presque toujours le mois le plus pluvieux), ce qui entraîne un stockage majoritaire des précipitations sous forme de neige.
- Période Juin – Septembre : les précipitations il ya sont beaucoup plus faibles que lors deux autres période (3, 08 mm en mensuelle pour le mois juillet (1972 – 2020), c'est le mois le plus faibles pluvieux).

3. Mois excédentaires et mois déficitaires par rapport à la moyenne

3.1. Janvier

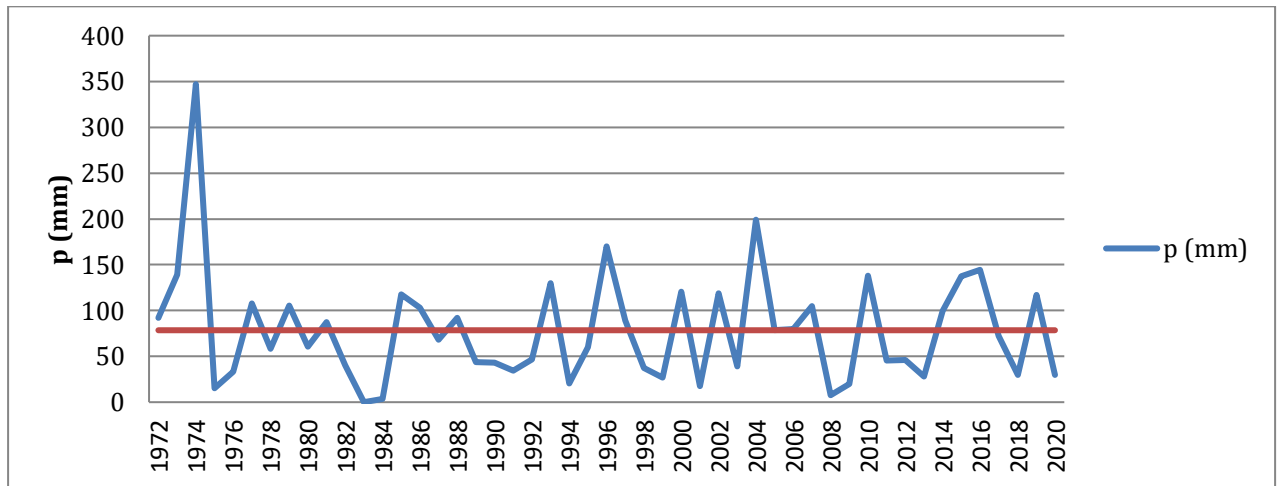


Figure 23. Les pluies annuelles du mois Janvier par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

L'analyse de la figure ci-dessous (fig. 23) met en évidence une forte variabilité pluviométrique le mois de janvier, en effet, on peut classer trois périodes distinctes qui contrastent fortement en termes de précipitation par rapport à la moyenne 78,50 mm.

Il existe 18 années où la pluie du mois de janvier dépasse la moyenne. En revanche, il y a 25 mois de janvier où la pluie est inférieure à la moyenne. Le reste c'est à dire 5 ans où un pluviomètre est égal la moyenne.

3.2. Février

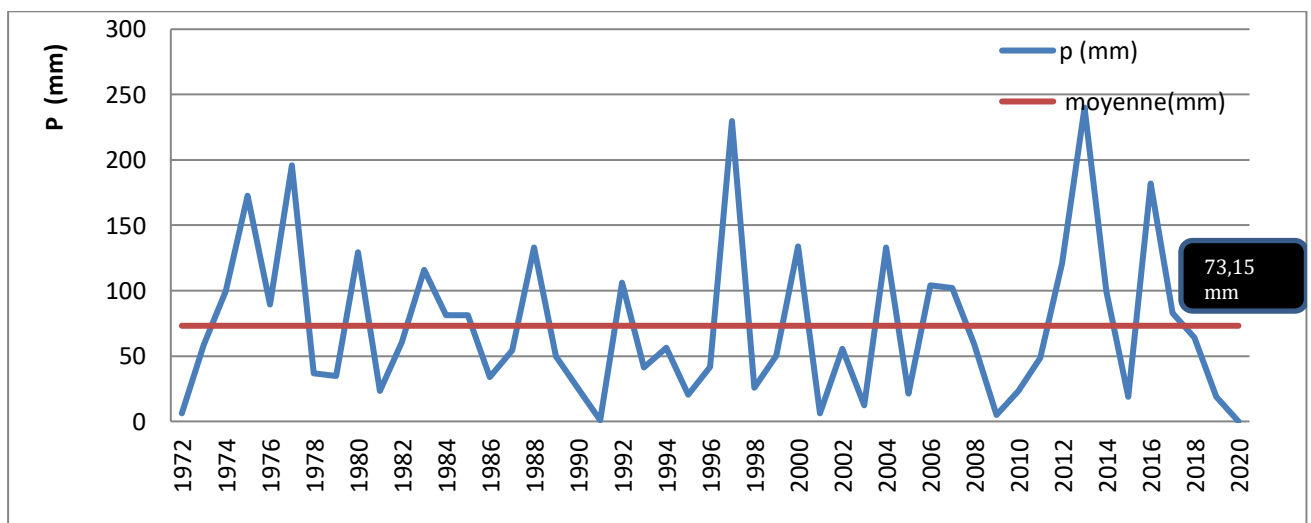


Figure 24. Les pluies annuelles du mois février par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020)

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 73,15 mm

La première classe se compose des 22 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 26 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi un an, caractérisé par des valeurs pluviométriques nulles.

3.3. Marc

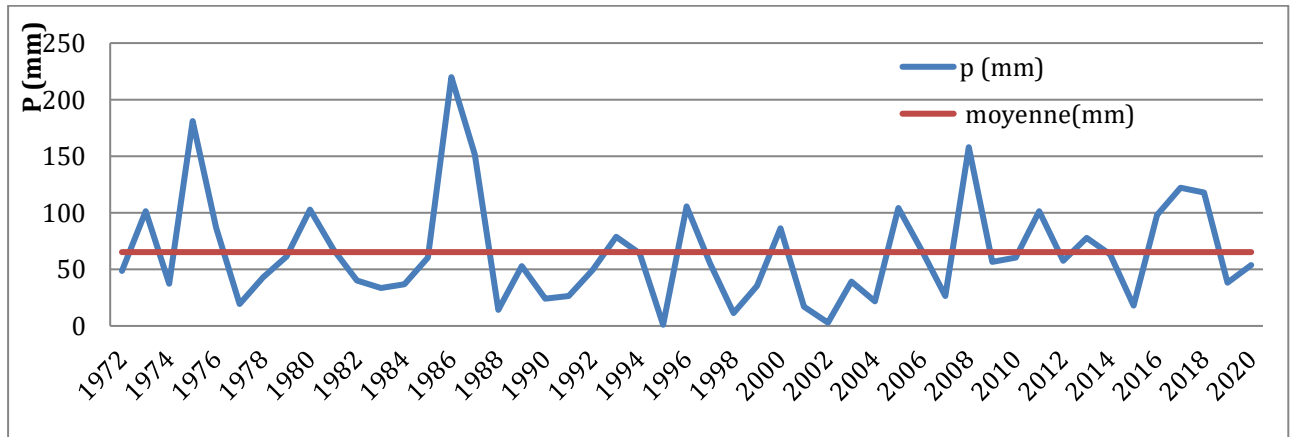


Figure 25. Les pluies annuelles du mois Marc par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d’Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 65,24 mm

La première classe se compose des 19 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 30 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

3.4. Avril

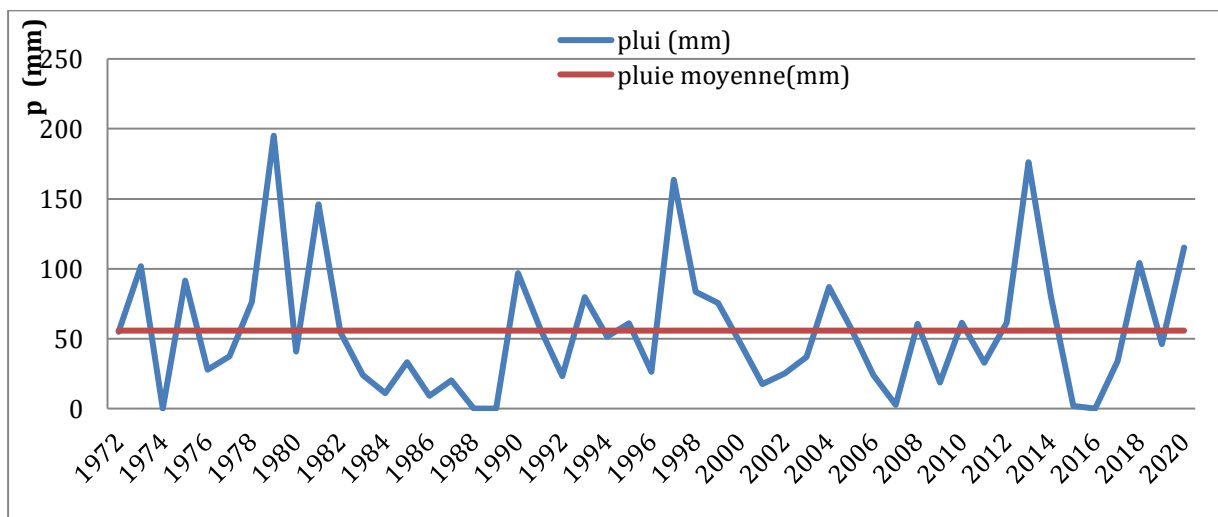


Figure 26. Les pluies annuelles du mois Avril par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 55,74 mm, la première classe se compose des 24 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 21 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de 04 ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles.

3.5. Mais

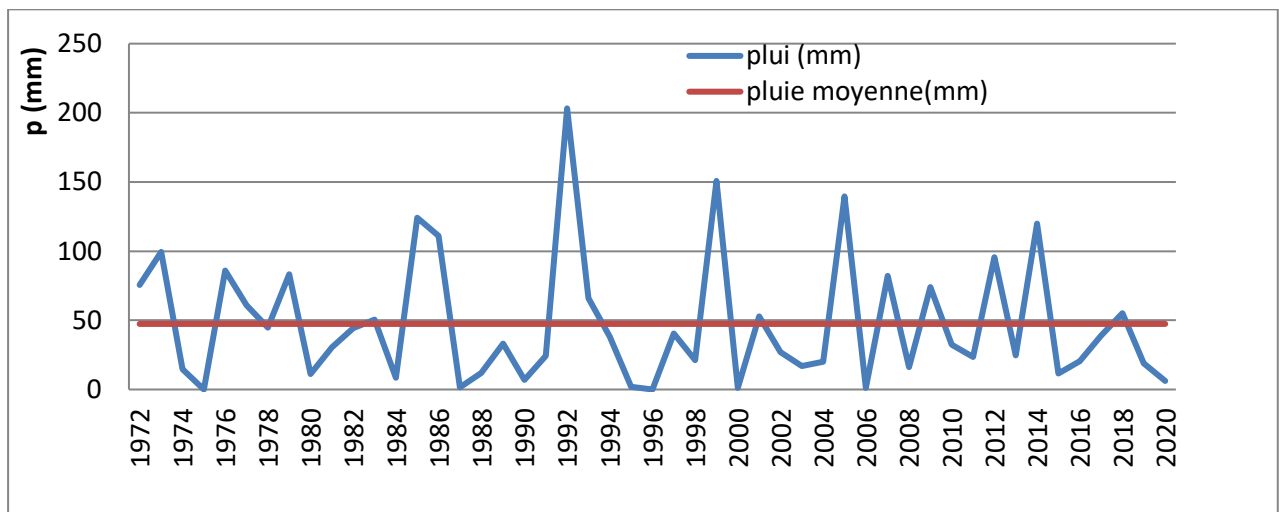


Figure 27. Les pluies annuelles du mois Mai par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 47,41 mm, la première classe se compose des 19 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 25 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de 05 ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles.

3.6. Jain

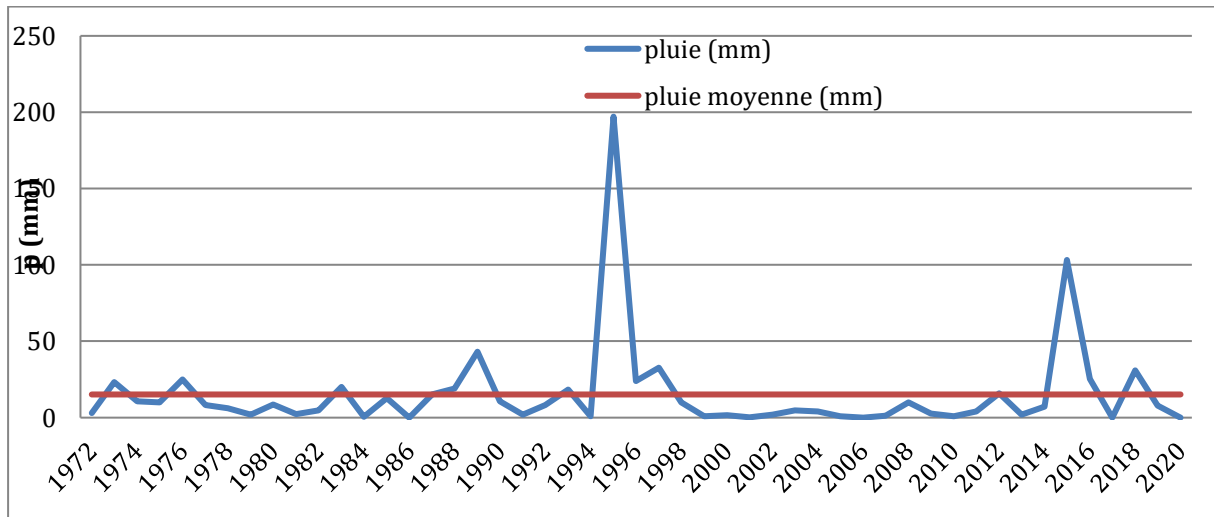


Figure 28. Les pluies annuelles du mois Jain par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 15,17 mm, la première classe se compose des 16 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 21 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de 12 ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles.

3.7. Juillet

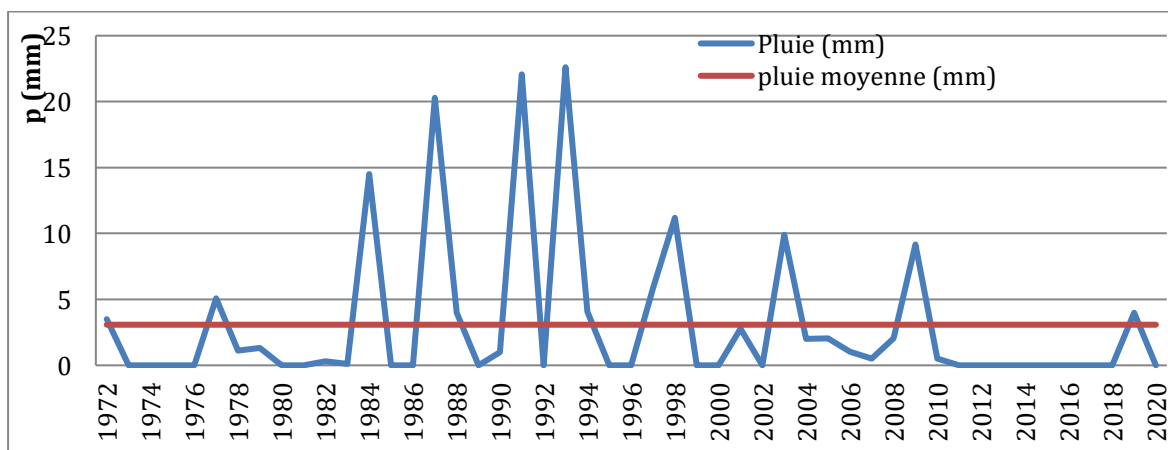


Figure 29. Les pluies annuelles du mois Juillet par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 3,01 mm la première classe se compose des 12 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 10 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de 27 ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles

3.8. Aout

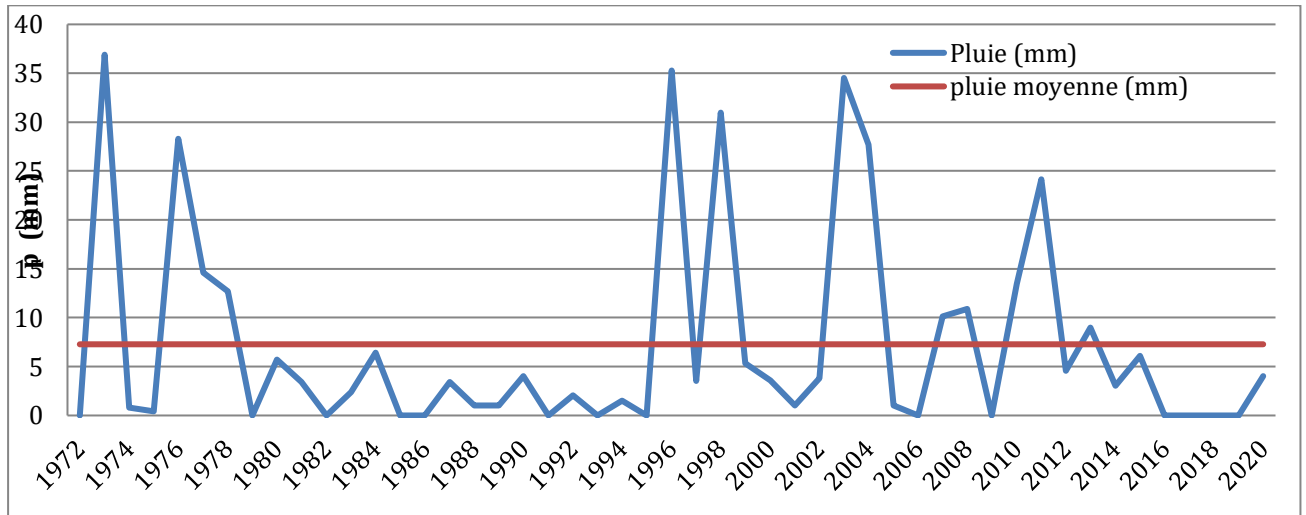


Figure 30. Les pluies annuelles du mois Aout par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 7,28 mm, la première classe se compose des 15 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 19 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de 27 ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles.

3.8. Septembre

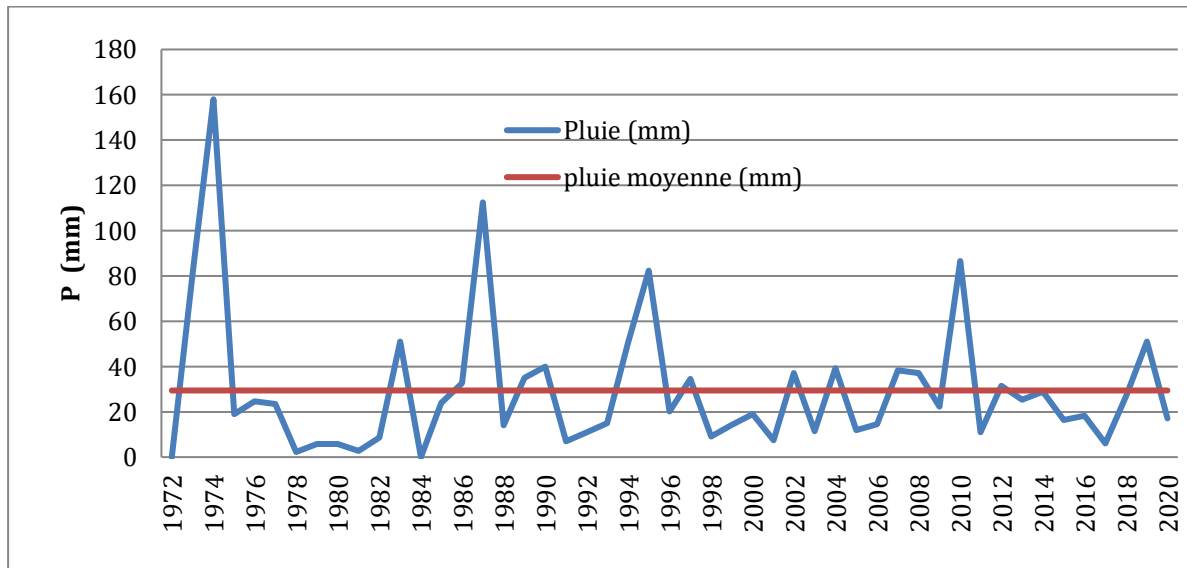


Figure 3. Les pluies annuelles du mois Septembre par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 29,41 mm, première classe se compose des 20 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

Deuxième classe se compose aussi de 27 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

Troisième classe se compose aussi de deux ans, caractérisés par des valeurs pluviométriques nulles.

3.10. Octobre

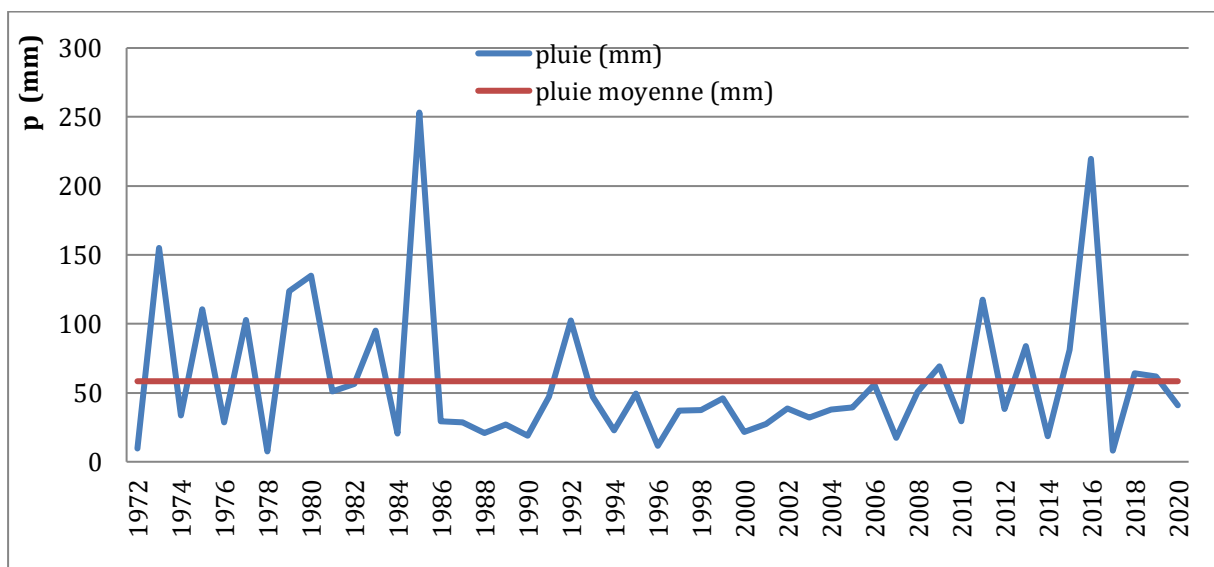


Figure 32. Les pluies annuelles du mois Octobre par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en deux classes par rapport à la moyenne 58,39 mm, la première classe se compose des 15 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 34 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

3.11. Novembre

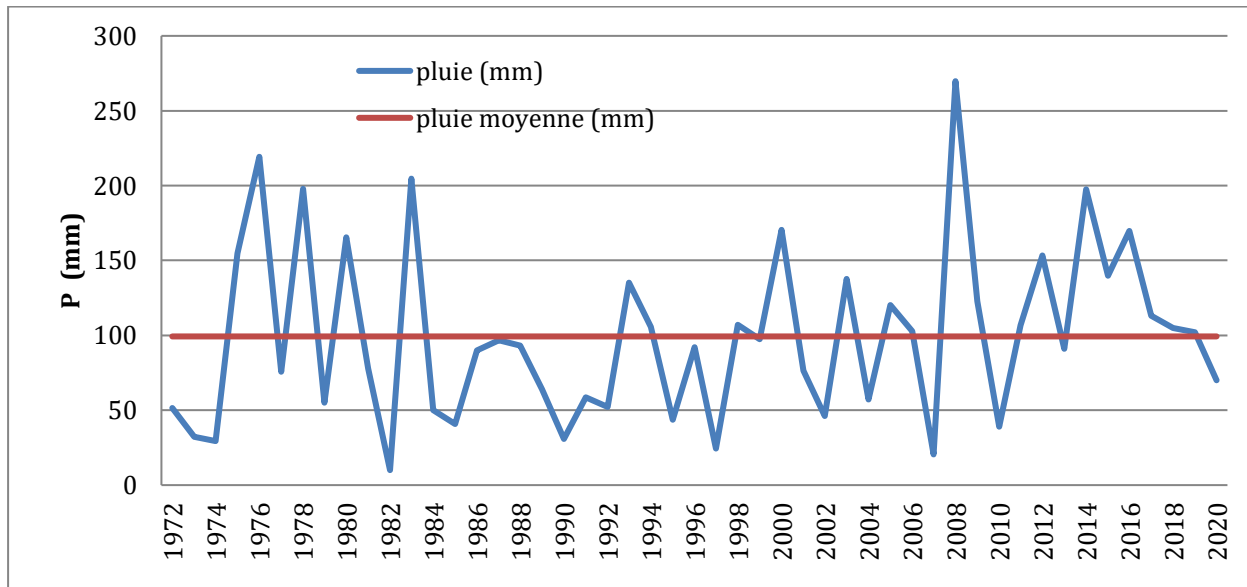


Figure 33. Les pluies annuelles du mois Novembre par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en deux classes par rapport à la moyenne 99,29 mm. La première classe se compose des 25 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 24 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

3.12. Décembre

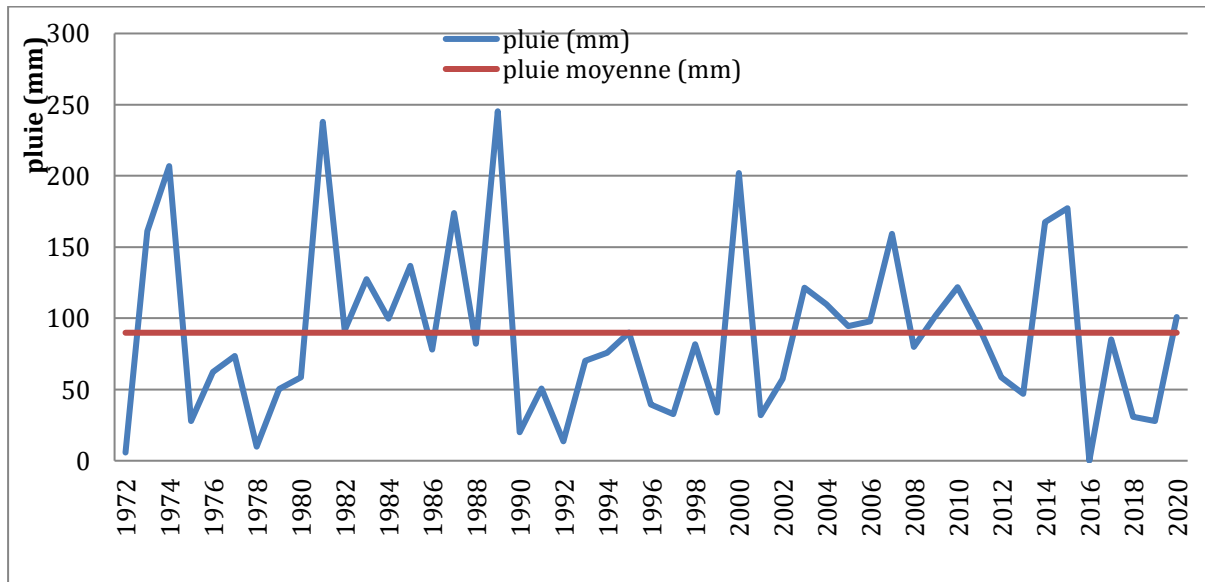


Figure 34. Les pluies annuelles du mois Décembre par rapport à la moyenne mensuelle à wilaya d'Alger station Dar Beida durant les périodes historiques (1972-2020).

On peut classer les années, ajustées en trois classes par rapport à la moyenne 89,88 mm

La première classe se compose des 22 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums fortes.

La deuxième classe se compose aussi de 26 années, caractérisées par des valeurs pluviométriques maximums faibles.

La troisième classe se compose aussi de un an, caractérisé par des valeurs pluviométriques nulles.

III. Impact climatique.

1.1. Indice de De MARTONNE

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

T: température moyenne annuelle; 17,55 °C. p: précipitation moyenne annuelle; 622,56 mm

$$I = \left(\frac{622,56}{17,55} \right) + 10$$

$$I = 45,58 > 40$$

Zones humides à forêt prépondérante.

1.2. Indice de continentalité pluviale d'ANGOT

Tableau 3. Les valeurs des mois plus chauds et la plus froids

Mois froids	Pluie en (mm)	Mois chauds	Températures en °C
octobre	58,39	Mai	18,21
novembre	99,29	Juin	21,77
décembre	89,88	Juillet	23,99
janvier	78,5	Août	24,86
février	74,46	Septembre	23,21
mars	65,24	Octobre	19,84
Somme	465,76	Somme	131,88

$$C = \frac{6 \text{ mois chauds}}{6 \text{ mois froids}} = \frac{131,88}{465,76}$$

$$C = 0,29$$

Alors, la concentration saisonnière des précipitations 29 %.

Conclusion

Conclusion

Les études de précipitations sont très importantes pour comprendre les caractéristiques de chaque zone et la quantité de précipitations tombant à des moments différents (annuel, mensuel, hebdomadaire, quotidien). Notre travail porte sur l'étude d'analyse des pluviométries annuelles, interannuelle et mensuelles dans la région Algéroise. Il s'appuie sur l'analyse d'une série pluviométrique mensuelle s'étalant sur 49 ans de 1972 à 2020, de la station météorologique de Dar El Beida (Alger). Cette analyse a montré que les précipitations algéroises ont un caractère très aléatoire et très irrégulier, évoluant en dents de scie, variant fortement d'une année à l'autre, comme le cas de l'année 1973 où la pluie maximale a plafonné à 990,4 mm ou celle de l'année 2001 où la pluie minimale n'a pas dépassé 258,28 mm. Ces deux valeurs extrêmes, s'éloignent largement de la valeur moyenne de 622 sur toute la période de 49 ans. Ces fluctuations pluviométriques importantes peuvent naturellement tantôt engendrer des inondations tantôt des sécheresses aiguës. Elles peuvent aussi enrichir le potentiel des ressources hydriques de la région ou de les tarir complètement.

A niveau mensuel, on remarque que le mois le plus pluvieux est celui de Novembre avec un total de 99,29 mm, à l'opposé des pluies faibles des trois mois de Juin (15,18 mm), de Juillet (3,08 mm) et d'Aout (7,28 mm). Durant certaines années, la pluie est totalement nulle pour ces mois d'été.

Le travail a permis d'actualiser l'analyse pluviométrique de la région algéroise et a montré les tendances régressives de la pluviométrie annuelle à travers le temps.

Références Bibliographiques

Référence bibliographiques

1. Ahmed S. (2002). L'hydrologie de surface (Université de Bab Ezzouar, Alger).
2. Belmecheri H., Haddouche I. (2018). Etude spatio-temporelle de la variabilité pluviométrique annuelle et saisonnière Du Bas et moyen Chélif occidentale
3. Bennani M. (2016). 'Etude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations dans le Nord-Est d'Algérie', M Achite.
4. Clozier R. 1941. La formation de la pluie. In: L'information géographique, volume 5, n°3, p. 55
5. Dumas A., Carmack E, Melling H. (2005). Climat change impacts on the Beaufort shelf landfastice
6. Djedjiga R. (2020). Qu'est-ce que la sécheresse ?
7. Djellouli Y., A. Saci. 2003. Catastrophe « Naturelle ». Les inondations dévastatrices du 9 et 10 Novembre 2001. À bab El oued (Alger, Algérie). ONM. Avenue Khémisti, Dar El Beida, Alger. p.237.
8. Diane s. (2008). Inondation en milieu urbains et périurbains, volume 2 France.
9. El khatri. (2003). Etude de la variabilité spatiale de la sécheresse Au Nord-Ouest de l'Algérie
10. Hufty A. (2001). Introduction à la climatologie. 2001. P 42-58
11. Morel M., Bernard T, Yann L. (1999). Acquisition et constitution d'une information hydrologique de base. Editions. HGA, Bucarest. p. 5-61
12. Merz., R. Blöschl, G. 2005. Flood frequency regionalisation—spatial proximity vs. Catchment attributes. Journal of Hydrology 302, pp. 283–306
13. Mohamed Safar-zitoun. (2019). Plan national sécheresse Algérie lignes directrices en vue de son opérationnalisation. consultant CNULCD Alger. p. 24-30
14. Mokhtari N., R. Mrabey, P. Lebailly, L. Bock. (2013). Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc Douala, Département de Géographie, p. 172
15. Mohamed M. (2005). Institut d'hydraulique, UM. UM. 29000 Mascara-Algérie
16. Roche M. (1963). Hydrologie de surface. Edition Gauthier-Villars, Paris. p. 108
17. Ramade F. (1984). Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Mc Graw-Hill, p.397
18. Tchokomakwa E.R. (2017). Risque d'inondation et impacts sur le bassin versant du « Grand cours » à Kékem (Haut-Nkam, Cameroun). Mémoire de Master II, Université de Douala, Département de Géographie, p. 172.
19. Vincent L. (2010). Station météo, Edition De Boek. 2010.

Références bibliographiques

20. Vincent T., B, Villarroel C. (2013). Updated analyses of temperature and precipitation.
21. Yann H. (1993). Mesure et étude des précipitations en hydrologie. DEST-génie hydro sanitaire et aquacol. p 1-5.
22. Zella L. (2019). Irrigation eau, sol et plante, 2^{ème} Edition. OPU. p. 17-81.