



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 de Biotechnologies et Agro-Ecologie

Mémoire

en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Option : Eau et Environnement

Thème

**Étude de la variabilité temporelle de la pluviométrie en région
céréalière (Tiaret)**

Présentée par : Djelfi Ismahan

Devant le jury

- | | | | |
|----------------|------|------------|--------------|
| - R. KHEDDAR | MCB, | U. Blida 1 | Présidente |
| - M. AMIROUCHE | MCB, | U. Blida 1 | promoteur |
| - N. DEGUI | MAA, | U. Blida 1 | Examinatrice |

2021/2022

Dédicace

Je dédie ce travail

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

A mes chères sœurs Nasrin, Chanez, et ma cousine Dikra.

A mes frères, Oussama, Saif Eddine, pour leur appuis et encouragement.

A mes amies particulièrement wissam Sabrina, Asmaa, Ahlem, et Salma.

A tous ceux que j'aime.

Remerciement

Je tiens à remercier chaleureusement, Mon promoteur M. AMIROUCHE, enseignant à l'Université Blida 1 qui m'a témoigné son soutien et sa confiance et qui m'a prodigué un enseignement toujours judicieux durant toutes les phases du mémoire, qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Mes vifs remerciements vont aussi à Mme KHEDDAR R. maître de conférences à l'Université Blida 1 qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie également Mme. DEGUI N. maitre-assistant A à l'Université Blida 1 pour avoir bien voulu juger ce travail. je remercie s'adressent aussi à tous les enseignants du département agronomique.

Résumé

Étude de la variabilité temporelle de la pluviométrie en région céréalière (Tiaret)

L'étude de la variabilité temporelle des précipitations annuelles dans la région de Tiaret a pour but de mettre en exergue l'existence du changement climatique, manifestée principalement par une variabilité dans la quantité des précipitations et leurs irrégularités au cours de la période d'étude (1992-2021). La variabilité du climat a été déterminée par l'analyse des séries chronologiques de températures et de précipitations puis par l'élaboration des indices bioclimatiques associés mettant en exergue le point sur l'ampleur de l'aridité et la sécheresse dans la région. Les résultats montrent que le climat a connu de fortes fluctuations interannuelles, une succession de périodes sèches et humides puis de hausses et basses températures. Elle montre aussi le caractère sévère et durable de la sécheresse climatique observée dans cette région à partir de la période (1992-2007). Les indices bio-climatologiques ont permis de déceler le caractère sévère et durable de la sécheresse climatique observée à partir de l'an 1993 jusqu'à 2003, puis de 2015 jusqu'à 2021. Ces caractéristiques contribuent à quantifier la vulnérabilité de l'évolution de la culture, aux aléas climatiques, qui affectent le rendement, qui ne dépasse pas 19 q/ha, en bonne année, ainsi que la ressource en eau, dans cette conjoncture de changements climatiques.

Mots clés : Indice Climatique, Précipitation, Sécheresse, Tiaret, Vulnérabilité.

Abstract

Study of the temporal variability of rainfall in the cereal region (Tiaret)

The study of the temporal of annual rainfall in the tieret region aims to highlight the existence of climate change, manifested mainly by variability in the amount of rainfall and their irregularities during the study period (1992-2021). climate variability was determined by analyzing temperature and precipitation time series and then by developing associated bioclimatic indices highlighting the extent of aridity and drought in the region. the results show that the climate experienced strong internal fluctuations, a succession of dry and wet periods then increases and low temperatures. it also shows the severe and lasting nature of the climatic drought observed in this region from the period (1992-2007). the bio-climatology indices have made it possible to detect the server and lasting character of the climatic drought observed from the year 1993 until 2003, then from 2015 until 2021. the characteristic contribute to quantifying the vulnerability of the evolution of the culture, to the vagaries of the weather, wish affect the yield, which does not exceed 19 q/ha, in a good year, as well the water resource, this situation of climate change.

Keywords: Climate, Drought, Index, Precipitation, Tiaret, Vulnerability.

ملخص

دراسة التباين الزمني لسقوط الأمطار في منطقة الحبوب (تيارت).

التباين الزمني لسقوط الأمطار السنوية في منطقة تيارت إلى إبراز وجود تغير مناخي يتجلى بشكل رئيسي في التباين في كمية الأمطار وعدم انتظامها خلال فترة الدراسة (1992-2021). تم تحديد تقلبية المناخ من خلال تحليل السلاسل الزمنية لدرجة الحرارة وهطول الأمطار ثم من خلال تطوير مؤشرات مناخية بيولوجية مصاحبة تسلط الضوء على مدى الجفاف في المنطقة. وأظهرت النتائج أن المناخ شهد تقلبات قوية بين السنوات ، متتالية من فترات الجفاف والرطوبة ثم زيادات ودرجات حرارة منخفضة ، كما أظهرت الطبيعة الشديدة والدائمة للجفاف المناخي الملحوظ في هذه المنطقة من الفترة (1992-2007). جعلت المؤشرات المناخية الحيوية من الممكن الكشف عن الطابع الحاد والدائم للجفاف المناخي الذي لوحظ من عام 1993 حتى عام 2003 ، ثم من عام 2015 حتى عام 2021. تقلبات الطقس التي تؤثر على المحصول الذي لا يتجاوز 19 ف / هكتار في سنة جيدة ، وكذلك على الموارد المائية ، في هذه الحالة من تغير المناخ.

الكلمات المفتاحية: تيارت ، هطول الأمطار ، مؤشر المناخ ، الجفاف ، الضعف

Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviation	
Introduction	
Synthèse bibliographie	
Chapitre 1 : le blé dur	
1. Introduction.....	01
2. Historique des céréales	02
3. Classification de développement de blé dur	02
4. Le cycle de développement de blé dur	03
4.1. La période végétative.....	03
4.1.1. La phase germination –lavée	03
4.1.2. La phase de tallage	03
4.1.3. La phase de montaison.....	04
4.2. La période reproductrice	04
4.2.1. Stade d'épiaison et fluorisation.....	04
4.3 .la période de maturation	04
4.3.1. Stade de formation et de remplissage	04
4.3.2. Stade de maturation.....	04
5. Les exigences de la culture de blé dur.....	05
5.1. Les besoins en température.....	05
5.2. Les besoins en eau	06
5.3. Les besoins en fertilisation azotée	06
6. Importance du blé	06
6.1. Dans le monde	07
6.2. En Algérie.....	08
6.3. Importance alimentaire.....	08
Chapitre 2. Les précipitations	
1. Introduction.....	09
2 .Introduction.....	09
3. Cycle de l'eau	09
3.1. Définition.....	09
3.2 .Composant de cycle de l'eau.....	09
4. Les précipitations.....	10
5. Origine des précipitations.....	11
6. Les différents types des précipitations.....	11
6.1. Précipitation des convections	12
6.2. Précipitation orographique.....	12
6.3. Précipitation de cyclonique	13
7. La mesure des précipitations	14
8. Contrainte de mesure des précipitations.....	15
9 .Variabilité spatio-temporelle des précipitations	16
10. Variabilité temporelle des précipitations.....	16
11. Problématique la stationnarité.....	16
12. Indice pluviométrique	17
12.1. Indice de sécheresse	17

12.2. Indice pluviométrique	17
13. Les régimes pluviométriques et le cycle de sécheresse	18
14. Variabilité spatiale des précipitations.....	19
15. Influence de la pluie sur les régimes de cours d'eau	19
16. Répartition des précipitations	19
16.1. L'échelle globale	20
16.2. L'échelle région	21
16.3. L'échelle locale.....	21
17. Le rôle de l'altitude et la latitude sur les hauteurs pluviométriques.....	21
Matériels et méthode	
Présentation général de la wilaya Tiaret.....	24
1. Situation géographique	24
2. Cadre géomorphologie	24
3. Le relief	25
4. Hydrogéologie	25
4.1. Les eaux superficielles.....	25
4.2. Les eaux souterraines.....	25
5. Climat de la région.....	26
6. Potentialités agricoles	26
Méthodologie	27
1. Préparation de série climatique.....	27
2. Analyse des variables climatiques	27
2.1. Indice SPI (indice de précipitation normalisé).....	27
2.2. Indice du déficit pluviométrique	27
2.3. Indice pluviosité	28
2.4. Indice de sécheresse.....	28
Résultats et discussions	
1. Analyse des paramètres climatiques	29
1.1. Température.....	29
1.2. Humidité relative.....	29
1.3. Insolation.....	30
2. Calcul de l'évapotranspiration de référence	31
2.1. A l'échelle annuelle	31
2.2. A l'échelle saisonnière.....	32
3. Analyse de la pluviométrie.....	32
3.1. A l'échelle annuelle	32
3.2. A l'échelle saisonnière.....	32
4. Indice climatique	32
4.1. Indice de précipitation standardisé.....	32
4.2. Indice de déficit pluviométrique.....	32
4.3. Indice de pluviosité	34
4.4. Indice de sécheresse.....	35
5. pluie – Rendement	36
Conclusion	38
Référence bibliographie	

Liste des figures

Figure1. Le cycle de développement du blé.....	05
Figure 2. Production, utilisation et stocks de blé.....	07
Figure 3. Surface et production de la culture de blé dur de la wilaya de Tiaret (2000-2020).	08
Figure 4. Rendement de la culture de blé dur de la wilaya de Tiaret (2000-2020).....	08
Figure 5. Schéma du cycle hydrologique.....	10
Figure 6. Précipitation de convection.....	12
Figure 7. Précipitation orographique.....	13
Figure 8. Front chaud et froid.....	13
Figure 9. Nuages et précipitations associés à un front chaud et froid.....	14
Figure 10. Répartition mondiale des précipitations.....	20
Figure 11. Situation géographique de la ville de Tiaret.....	24
Figure 12: Carte des régions naturelles de la wilaya de Tiaret.....	25
Figure13 : Réseau hydrologique de la région de Tiaret.....	26
Figure 14. Température moyennes mensuelles (1992-2021).....	29
Figure 15. Humidité relatives, moyennes mensuelles (1992-2021).....	29
Figure 16. L'insolation moyenne mensuelle de la région de Tiaret (1992-2021).....	30
Figure17. Variation interannuelle de l'évapotranspiration de référence (1992-2021)..	31
Figure18. Variation interannuelle de l'évapotranspiration de référence à l'échelle de la saison de la culture, période (1992-2021).....	31
Figure19. Variabilité interannuelle de la pluie (1992-2021).....	32
Figure 20. Indice de Précipitations Standardisé (SPI) durant la période 1992-2021.....	33
Figure 21. Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1992-2021.....	34
Figure 22. Indice de Pluviosité (IP) durant la période 1992-2021.....	35
Figure 23. Indice de Sècheresse (Is) durant la période 1992-2021.....	35
Figure24. montre la combinaison entre les quantités de pluie annuelles reçues lors de la période 2000-2020 et les rendements.....	36

Liste des tableaux

Tableau 1. Régime pluviométrique du monde.....	18
Tableau 2. Valeur de l'indice de précipitation standardisé (1992-2021).....	33

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

La Céréaliculture en Algérie, remonte à l'époque des numidiens, qui ont divisé le pays en trois régions : la région Est, la région Centre et la région Ouest (**Lancel, 2004**). La culture composée de blé dur (BD), de blé tendre (BT), d'orge (OR) et d'avoine (AV), est répandue à travers tout le tell Algérien (de Timgad, Tipaza, Tébessa, Skikda, Annaba à Tazoult), sans occuper la totalité des sols qui lui sont propices (**Rouverou, 1930 ; Gomez, 2005**). Baldy (1974), soulignent que l'Algérie, est un pays à blés, caractérisé par des pluies moyennes comprises entre 200 et 600 mm/an. Ces moyennes inchangées au cours des dernières décennies (**Smadhi et Zella, 2009**), couvrent des surfaces céréalières relativement, stables, autour de 2,8 millions d'hectares, et produisent près de 25 millions de quintaux, à raison d'un rendement qui ne dépasse pas 17 quintaux à l'hectare, en bonne année (2017) (**MADR, 2020 : Buletin de statistique agricole**). Le déficit qui atteint régulièrement, 75%, est comblé par des importations. Cette situation est imputée à la pluviométrie capricieuse et mal répartie, représentée par des sécheresses annuelles, dont la perte de pluies, atteint près de 70%, en année sèche (**Smadhi et al, 2017**). **Djellouli et Nedjraoui (1995) et Hireche et al. (2007)** ont constaté une diminution des précipitations estimée au voisinage de 18 à 27 % alors que la saison sèche s'est étalée de 2 mois durant le siècle dernier. Les régions du Centre et de l'Ouest ont vécu un déficit pluviométrique supérieur à 50 % contre un déficit estimé à 30 % à l'Est. Les sécheresses les plus sévères observées en 1945, 1961, 1994 et 2004 ont touché beaucoup plus la partie occidentale que la partie orientale du pays. Dans cette perspective s'inscrit la présente étude, qui consiste à analyser l'analyse de la série pluviométrique 1992- 2021 de la région céréalière Tiaret par la comparaison des calculs d'un certain nombre d'indices pouvant bien caractériser ses épisodes de sécheresse.

Ce document est structuré en chapitres

- Le chapitre premier présente les caractéristiques de la culture du blé dur (son origine, sa classification botanique, et leurs exigences, et son importance).
- Le deuxième chapitre l'étude de la pluviométrie.
- Le troisième chapitre est réservé au matériel et méthodes traitera la présentation du site d'étude (localisation, caractéristiques climatiques et potentialité agricoles).
- Le quatrième chapitre est consacré aux résultats et discussion obtenus les analyses des paramètres climatiques et l'indice climatique. Ce document se termine par une conclusion générale résumant les résultats.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. La culture de blé dur

1. Introduction

Les céréales et leurs dérivés sont des ressources alimentaires majeures pour l'homme en raison de leur forte source d'énergie et de leur teneur en protéines. Elle utilisée pour la consommation humaine (jusqu'à 75% de la production), les céréales fournissent 15% des besoins énergétiques, elles sont également utilisées pour l'alimentation animale (15% de la production) et des usages non alimentaires (**Feillet, 2000**)

Les céréales ont toujours constitué une part importante des ressources alimentaires humaines et animales. Par ailleurs, la plupart des aliments sont fournis par les céréales, dont 96 % sont produits à partir de cultures céréalières telles que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticale. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum*) est l'une des espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation humaine et revêt donc une importance économique.

2. Historique des céréales

Pour beaucoup de botanistes, l'origine du blé se trouve au Moyen-Orient bien que cette localisation reste un champ d'investigation scientifique ouvert. Il n'en est pas moins certain que la culture du blé est ancienne. Cela fait des millénaires que cette céréale est donc produite et consommée. Son extension géographique est liée aux caractéristiques d'une plante qui s'adapte à des climats variés, même si la préférence va à ceux des régions tempérées où le régime des pluies est régulier.

Les produits céréaliers sont des aliments à base de céréales. En botanique, les céréales regroupent un certain nombre de graminées dont les grains sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale. Il y a treize (13) grains. Ceux-ci comprennent le blé et le maïs. (**Fredot, 2005**). Le blé est les premières cultures à être récoltée et cultivée découverte par des archéologies travaillant au moyen –orient, et il d'origine asiatique (**FAO, 2006**).

3. Classification botanique de blé dur

Le blé dur est un type de paille qui se distingue par sa forme monocotylédone, il se classé comme suit selon (**Feillet, 2000**):

Embranchement : Phanérogames

S/Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Super Ordre:Commeliniflorales

Ordre :Poales

Famille : Graminacée

Tribu : Triticeae

Sous tribu :Triticinae

Genre :Triticum

Espèce : Triticum durum Desf.

4. Le cycle de développement de blé dur

4.1. La période végétative

Il se caractérise par une croissance épaisse et dure de la graine à la fin de la récolte. Il se divise en deux étapes :

4.1.1 La phase germination – levée

La germination des graines est caractérisée par la formation de coléorhize donnant naissance à des racines de graines, et de coléoptile, qui protège la formation de la première feuille disponible. L'émergence est exactement ce qui se passe lorsque les feuilles dépassent de la surface du sol. La germination est obtenue dans le peuplement lorsque la plupart des lignes de graines sont visibles. Pendant la phase de germination des graines, la nutrition de la plante dépend uniquement de son système principal et de ses réserves des graines (**Gâte, 1995**).

4.1.2 La phase de tallage

Le tallage commence à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la reprise du printemps, elle se caractérise par une seconde tige, une talle qui pousse à partir de la base de la première feuille. Les autres feuilles posent également des talles vertes. Lorsqu'elle est complètement tallée, la plante s'étale ou à un port retombant. À l'intérieur de la tige nous pouvons trouver ce que l'on appelle des pointes de croissance. Elle commence à ressembler à un épi de blé. Au départ la pointe est dans le sol, à l'abri du gel au fur et à mesure que la végétation se rétablit, les pointes de la croissance s'élèveront jusqu'aux tiges (**Bennasseur, 2003**).

4.1.3. La phase de montaison

La montaison se produit a lieu de la fin avril aux demis mais, le début du développement se produit au sommet du bourgeon terminal .en même temps, les entrenœuds ont un allongement. Le stade « épi à 1cm » de la plate-forme de tallage est caractérisé par une croissance active du tallage .a ce stade, les plants de blé ont besoin d'un apport important en azote.

4.2. La période reproductrice

2.1. Stade d'épiaison et floraison

Elle se caractérise par un méiose pollinique et une rupture de la graine à l'émergence des épis .c'est à ce stade que la formation des organes floraux est achevée (floraison) et que la fécondation a lieu. Ce stade est atteint lorsque 50% des épis sont à moitié exposés à partir de la graine (GATE, 1995) .elle correspond à la croissance maximale d'un plante qui produira les trois quarts de la matière sèche totale et étroitement dépendante de la nutrition minérale et de la transpiration affectant le nombre final des grains par épi (**Masle-meynard, 1980**).

4.3. La période de maturation

4.3.1. Stade de formation et de remplissage du grain

Cette période comprend deux phases :

Grain laiteux : formation de l'enveloppe du grain, qui détermine la taille potentielle du grain.(**Belaid, 2012**).

Grain pâteux: les particules pâteuses apparaissent lorsque la couleur est jaune –vert.

4.3.2. Stade de maturation

L'affinage suite la phase pâteuse (45%d'humidité). Correspond à une phase dans laquelle le grain perd progressivement son humidité en plusieurs étapes (**Gâte, 1995**). Il commence à la fin du palier hydrique qui caractérise par une résistance à l'eau du grain pendant 10 à15 jours. passé ce délai, le grain ne perd que l'excès d'eau qu'il contient, au fur et à mesure du stade « rayable à l'angle » (20%d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité) (**Gâte, 1995**).

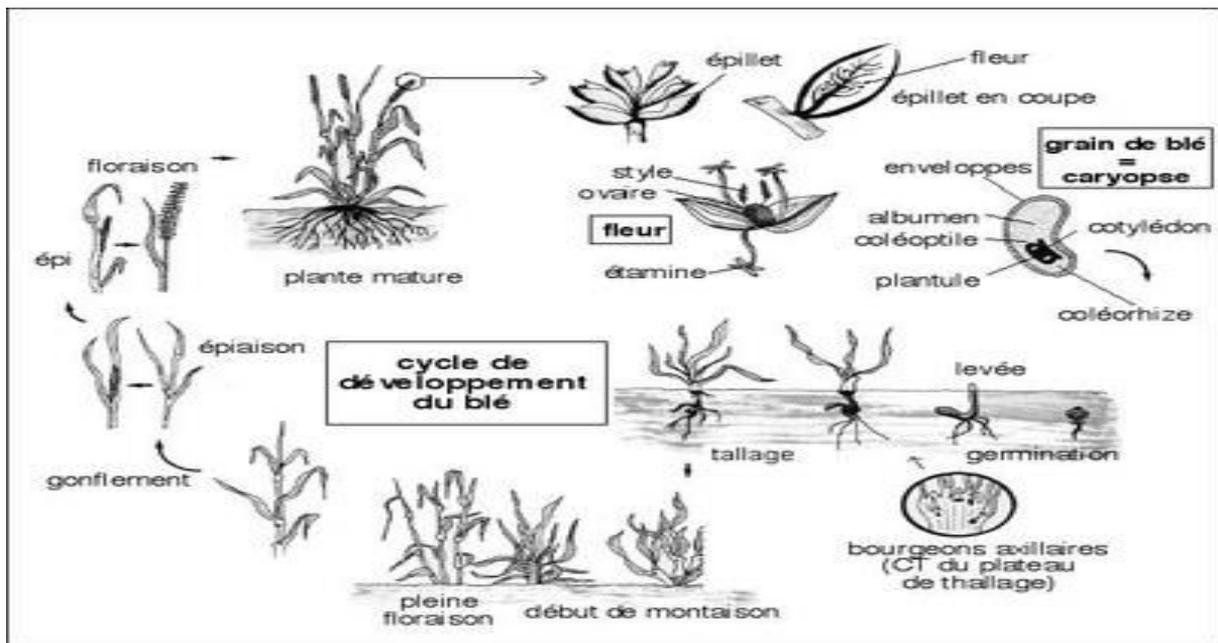


Figure1. Le cycle de développement du blé (Vilain, 1987).

5. Les exigences de la culture du blé dur

5.1. Les besoins en températures

Les graines ont besoin d'une certaine quantité de chaleur pour leur croissance, égale à la température journalière exprimée en degrés. Pour le blé cette température varie entre 20°C à 22°C jusqu'à un maximum de 35°C.

La température change pendant la saison de croissance ; la culture du blé démarre de 2°C à 3°C, est rapide entre 15°C et 19°C.

Cependant, l'augmentation se produit généralement lorsque la température extérieure est supérieure à 5°C, le maximum pour cette phase est compris entre 16°C et 18°C.

L'épiaison et la floraison se produisent généralement à des températures de 20°C et 22°C. Pour éviter les dommages dus à la température critique nous choisissons le bon moment pour semer.

La résistance au gel des engrais durs dépend des méthodes de culture, les engrais azotés sont principalement appliqués séparément et à fortes doses, la résistance au gel diminue, et les engrais phosphatés et potassiques l'augmentent.

5.2. Les besoins en eau

En méditerranée, la sécheresse est l'une des principales causes de la perte de rendement du blé dur, qui varie de 10 et 80% selon les années. La demande en eau de la plante varie de 450 à 650mm (Labidi, 2016).

5.3. Les besoins en fertilisation azotée

L'azote est un élément très important pour le développement du blé (Viau, 1980). Il doit absorber 3,5 unités d'azote pour produire 1 quintal de grain à 13- 14% de protéine. En phase de tête, les besoins en azote par rapport à l'activité de croissance de la plante absorbent presque tout l'azote du flux dans la phase lactée. À partir de ce stade, il y a un transfert de substances végétales à partir des parties végétatives du grain (Labidi, 2016).

6. Importance du blé

6.1. Dans le monde

Le potentiel de production de céréales se trouve toutefois inégalement réparti à travers les continents, les régions et les pays. Cette situation est aggravée par l'irrégularité des climats qui s'est accentuée ces dernières années et par le niveau technologique de production. Il en résulte de fortes disparités exposant les pays moins développés à des crises alimentaires récurrentes voire à des famines.

En 2018, la production mondiale de blé a atteint 762 millions de tonnes, contre 732 millions de tonnes en 2019 (figure 2). Au cours de la période d'activité agricole 2018-2019, les principaux producteurs mondiaux de blé étaient l'Union européenne (137,6 millions de tonnes), la Chine (131,43 millions de tonnes), l'Inde (99,7 millions de tonnes), la Russie (71,6 millions de tonnes) et les États-Unis (51,287 millions de tonnes) et le Canada (31,8 millions de tonnes) (Statista, 2019).

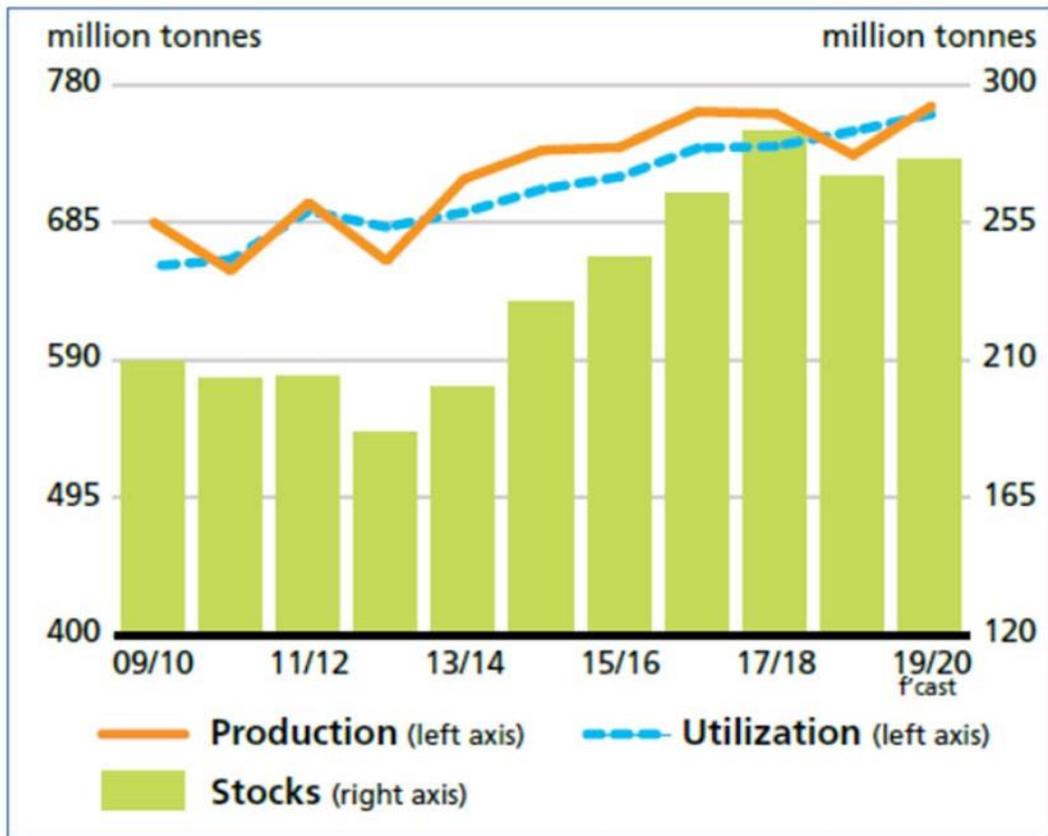


Figure 2. Production, utilisation et stocks de blé (CIC, 2019).

6.2. En Algérie

En Algérie, les produits céréaliers jouent un rôle important dans le système alimentaire et l'économie nationale. Cette caractéristique est clairement visible à toute l'étape de l'industrie.

➤ **La production céréalière :** la production céréalière, y compris les jachères, représente environ 80% de la surface agricole utile (SAU) nationale, avec une superficie ensemencée en céréales annuelle comprise entre 3 et 3,5 millions d'hectares. La superficie récoltée annuelle représente 63% de la superficie ensemencée. cela semble donc être une supposition dominante (Djermoun, 2009).

➤ **La consommation :** Selon Djermoun, 2009, l'Algérie occupe le cinquième rang pour la consommation de céréales. La consommation alimentaire humaine de céréales représente 60% de la ration alimentaire moyenne en Algérie, et 25% à 30% en Europe. Depuis 1962, la consommation du blé en Algérie a été multipliée par 5 pour la consommer en 2010 les 1,3% de la production mondiale.

6.3. Importance alimentaire

Le blé est la première ressource alimentaire de l'homme et la principale source de protéine. Ils fournissent également la ressource incontournable pour l'alimentation animale et une variété d'application industrielles. Les céréales fournissent la quasi-totalité de la nutrition de la population mondiale, dont 95% sont produits par des aliments de basse culture céréalière.

La figure 3 montre l'évolution de la surface et la production de la culture de blé dur dans de la wilaya de Tiaret, sur une période 20 ans s'étalant de 2000 à 2020. Il est constaté que la production et la surface ont suivi la même tendance sur toute la période d'analyse.

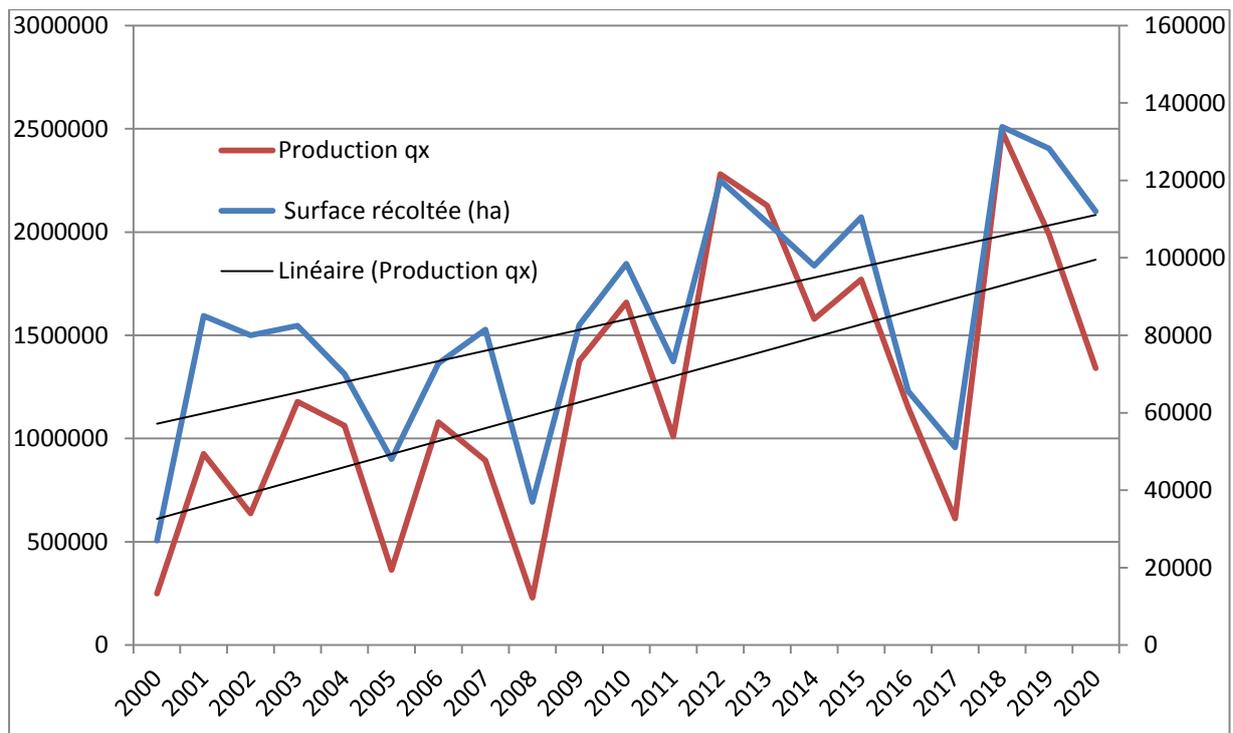


Figure 3. Surface et production de la culture de blé dur de la wilaya de Tiaret (2000-2020)

Par contre la figure 4 montre les fluctuations des rendements de la culture de blé, il est constaté que sur la période d'étude 2000 à 2020, le rendement moyen est de l'ordre de 13,84 qx/ha. Ce chiffre toujours inférieur à la production moyenne mondiale. Pour cela il est crucial d'analyser les facteurs influant sur la production céréalière.

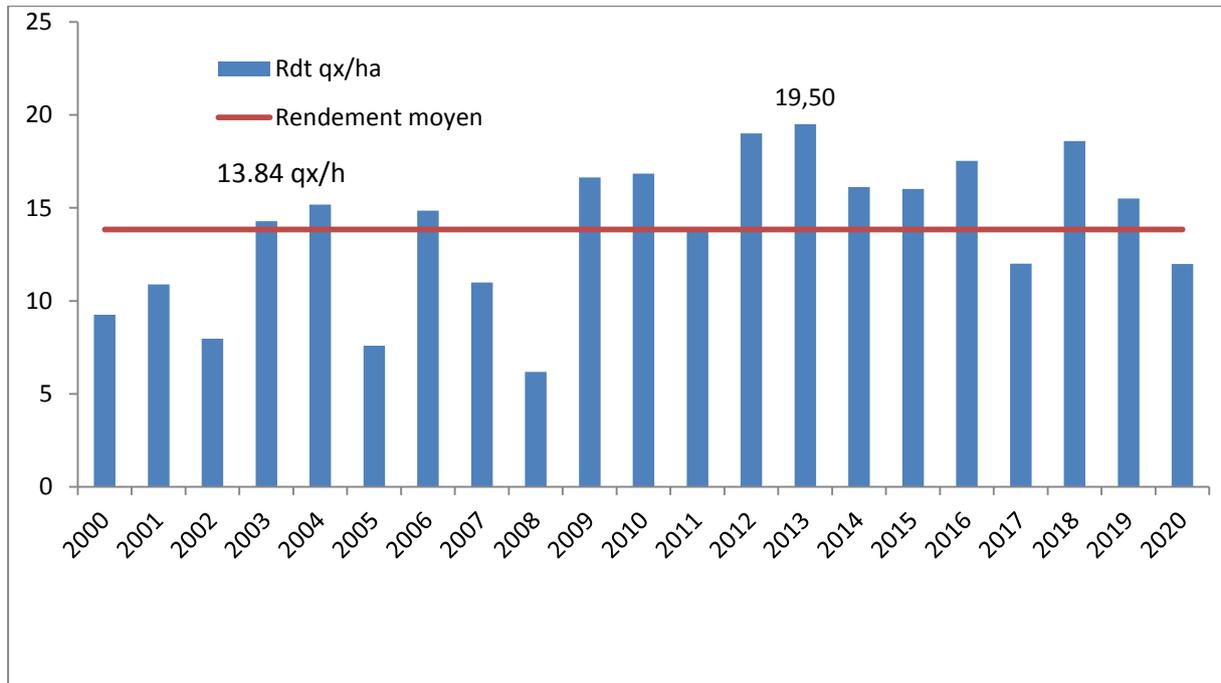


Figure 4. Rendement de la culture de blé dur de la wilaya de Tiaret (2000-2020)

Chapitre 2. Les précipitations

1. Introduction

L'eau est un élément rare et un facteur essentiel qui conditionne fortement l'avenir et ce, indépendamment de tout changement climatique. Au centre du Maghreb, l'Algérie est un pays en stress hydrique qui devrait connaître une situation de pénurie d'eau (Senoussi et al, 1999). Afin de mieux comprendre l'évolution d'un élément climatique, l'étude de paramètres climatiques demeure indispensable. Enfin, notre attention se portera sur l'impact des changements climatiques et de l'influence anthropique sur le cycle hydrologique.

2. Définition de l'eau

L'eau, source de toute vie, se présente dans la nature sous trois états :

Solide : neige et glace,

Liquide : eau chimiquement pure ou chargée en solutés,

Gazeux : à différents degrés de pression et de saturation.

Les changements de phase de l'eau dépendent essentiellement de la température et de la pression. Dans l'atmosphère terrestre, l'eau se retrouve sous ses trois formes. Les eaux circulent en permanence sur la terre et subissent des changements d'état. L'importance de ces modifications fait de l'eau le principal agent de transport d'éléments physiques, chimiques et biologiques.

L'ensemble des processus de transformation et de transfert de l'eau forme le cycle hydrologique.

3. Cycle de l'eau

3.1. Définition

La notion de cycle hydrologique englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique surviennent conjointement. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin. (Laborde, 2009)

3.2. Composants de cycle de l'eau

Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont respectivement :

Synthèse bibliographique

Les précipitations : eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et / ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). (Morell, 1999).

L'évaporation : passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique.

L'évapotranspiration : englobe les processus d'évaporation et de transpiration de la végétation

L'interception : processus selon lequel la pluie (ou dans certains cas la neige) est retenue par la végétation, et repart par évaporation directe, sans entrer dans le cycle d'eau du bassin versant.

Le stockage dans les dépressions : processus au cours duquel l'eau est retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant une averse.

Le ruissellement ou écoulement de surface : mouvement de l'eau sur ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de subsurface), consécutif à une précipitation.

L'infiltration : mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol.

La percolation : mouvement profond de l'eau dans les sols faisant suite à l'infiltration.

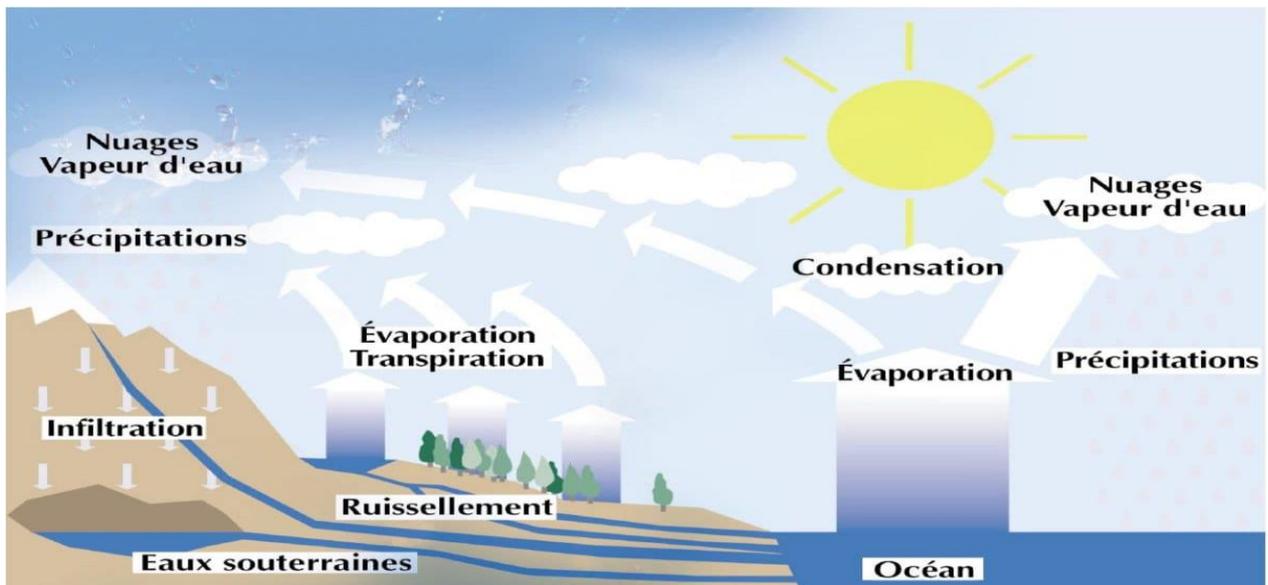


Figure 5. Schéma du cycle hydrologique (Environnement Canada, 2013).

4. Les Précipitations

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

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

5. Origine des précipitations

Les précipitations se produisent lorsque la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense en nuages et retombe sur terre.

Elles constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Elles constituent un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau dans sa phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle) entre l'atmosphère et le sol. Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (**Sadou et al, 2007**)

6. Les différents types des précipitations

L'étude des précipitations montre que le schéma simpliste selon lequel les nuages prendraient naissance au-dessus des océans, puis poussés par les vents tomberaient en pluie sur les continents, est faux. En effet, on peut admettre qu'un nuage ayant pris naissance au-dessus de l'Atlantique déverse environ 100 mm sur l'Europe et la Russie Occidentale avant de se dissiper au-delà de l'Oural. Or, un nuage ne contient au maximum que 20 mm d'eau environ. Ce n'est donc qu'au plus 20 mm qui proviennent des océans et 80 mm qui viennent de l'atmosphère au-dessus des continents. Par ailleurs, on constate des averses dépassant fréquemment 20 mm. Il faut donc que le nuage soit continuellement réalimenté en eau.

Ceci se produit lorsqu'il y a des vents ascendants qui entraînent des masses d'air humide mais non saturé vers la zone de formation du nuage. De telles conditions se présentent lorsque l'on rencontre un ou plusieurs de ces trois cas principaux :

6.1. Précipitations des convections

Ce type de précipitation est le résultat du réchauffement de l'air à l'interface avec le sol ; l'air en se réchauffant se dilate et s'élève, produisant ainsi de forts courants verticaux ascendants. L'air se refroidit ensuite au cours de l'ascension et la précipitation se produit lorsque le point de condensation est atteint. Les précipitations par convection peuvent prendre la forme d'une faible averse ou d'un orage de très forte intensité (Ababsa, 2018).

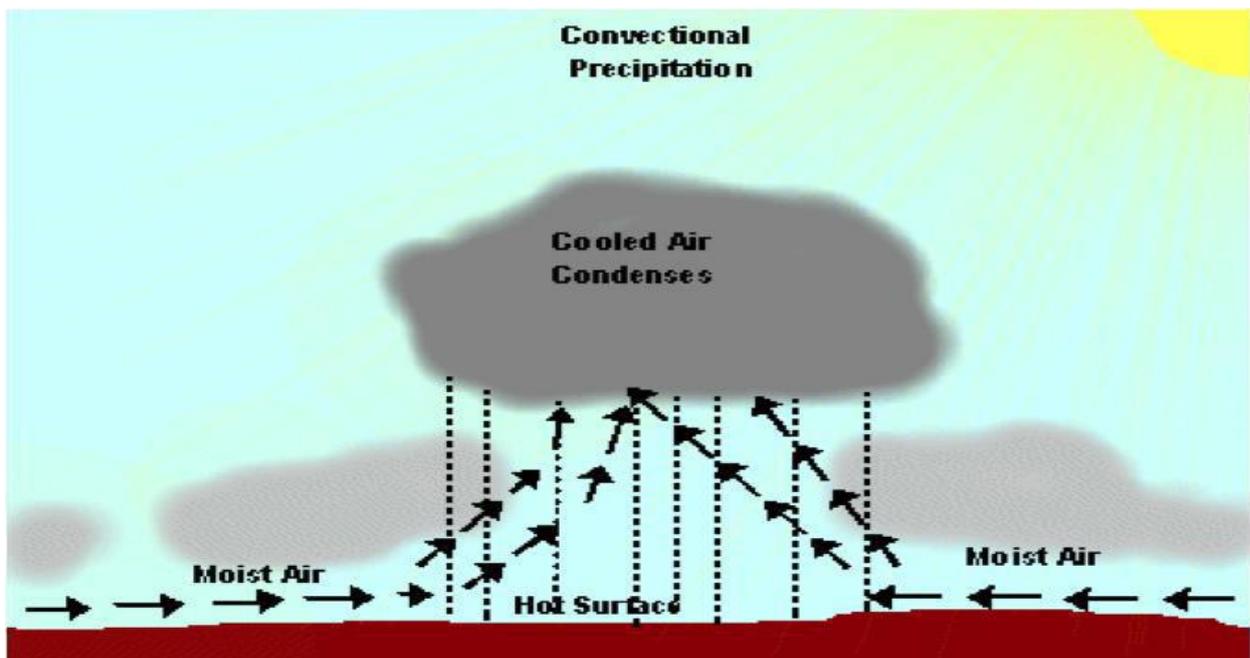


Figure 6. Précipitation de convection (Ababsa, 2018)

6.2. Précipitations orographiques

Si une masse d'air se déplaçant horizontalement rencontre un obstacle topographique (chaîne de montagnes par exemple), il s'ensuit une élévation des masses d'air et par conséquent leur refroidissement. Comme précédemment, on obtient des précipitations sous forme de pluie mais aussi, si l'altitude est suffisante, de la neige. Après le passage de la chaîne, l'air va redescendre, se comprimer et se réchauffer. On a alors des vents chauds et secs (effet de "foehn") (Laborde, 2000).

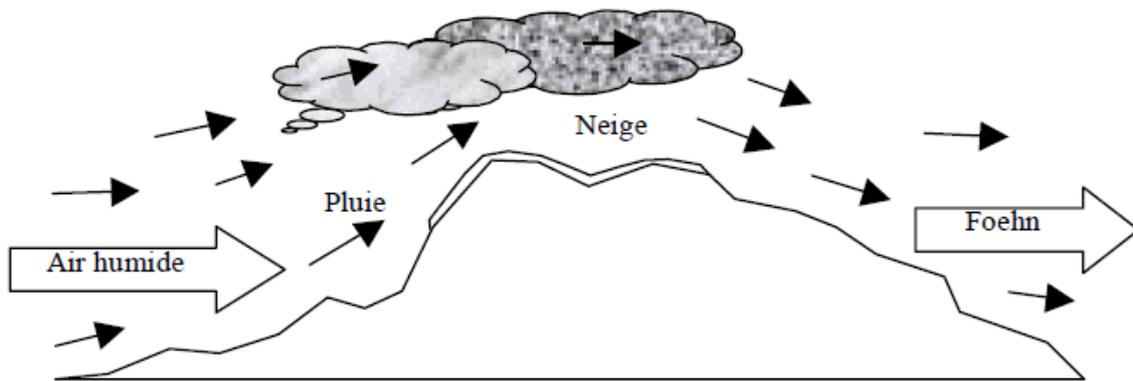


Figure 7. Précipitation orographique (Laborde, 2000)

6.3. Précipitations de cyclonique

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

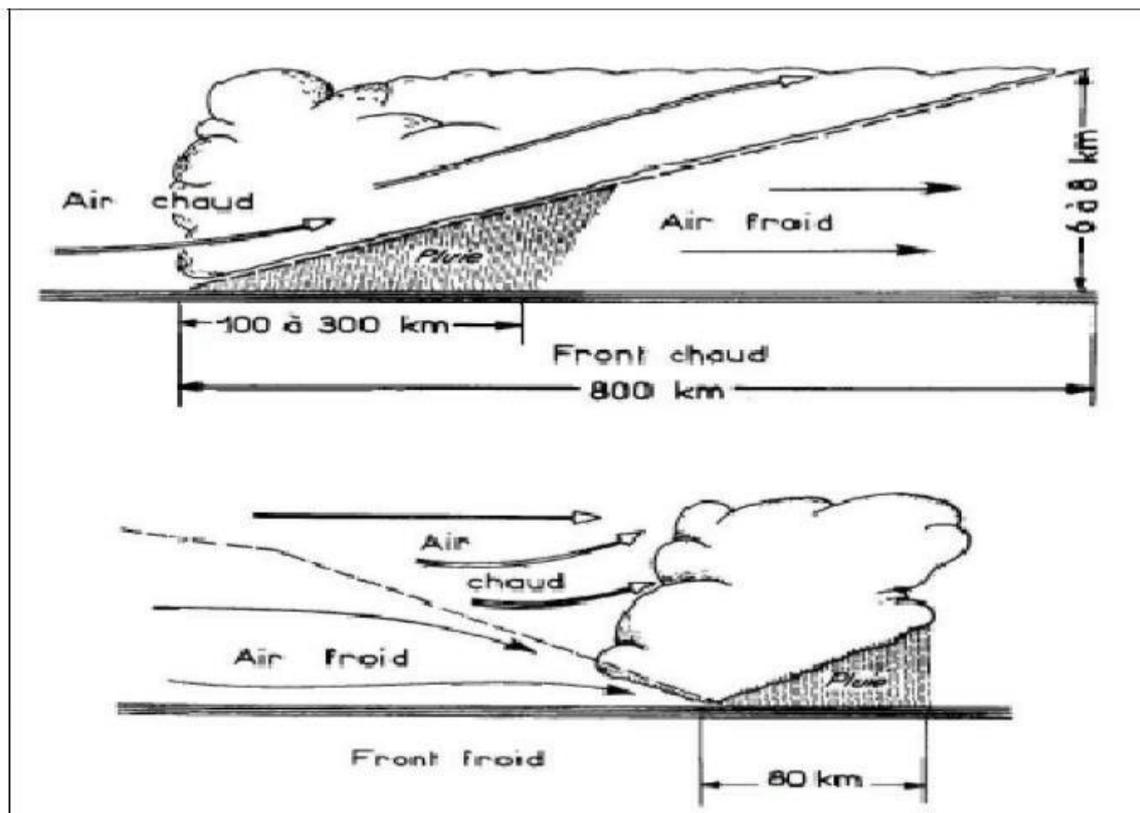


Figure 8. Front chaud et froid (Brahimi D., 2014).

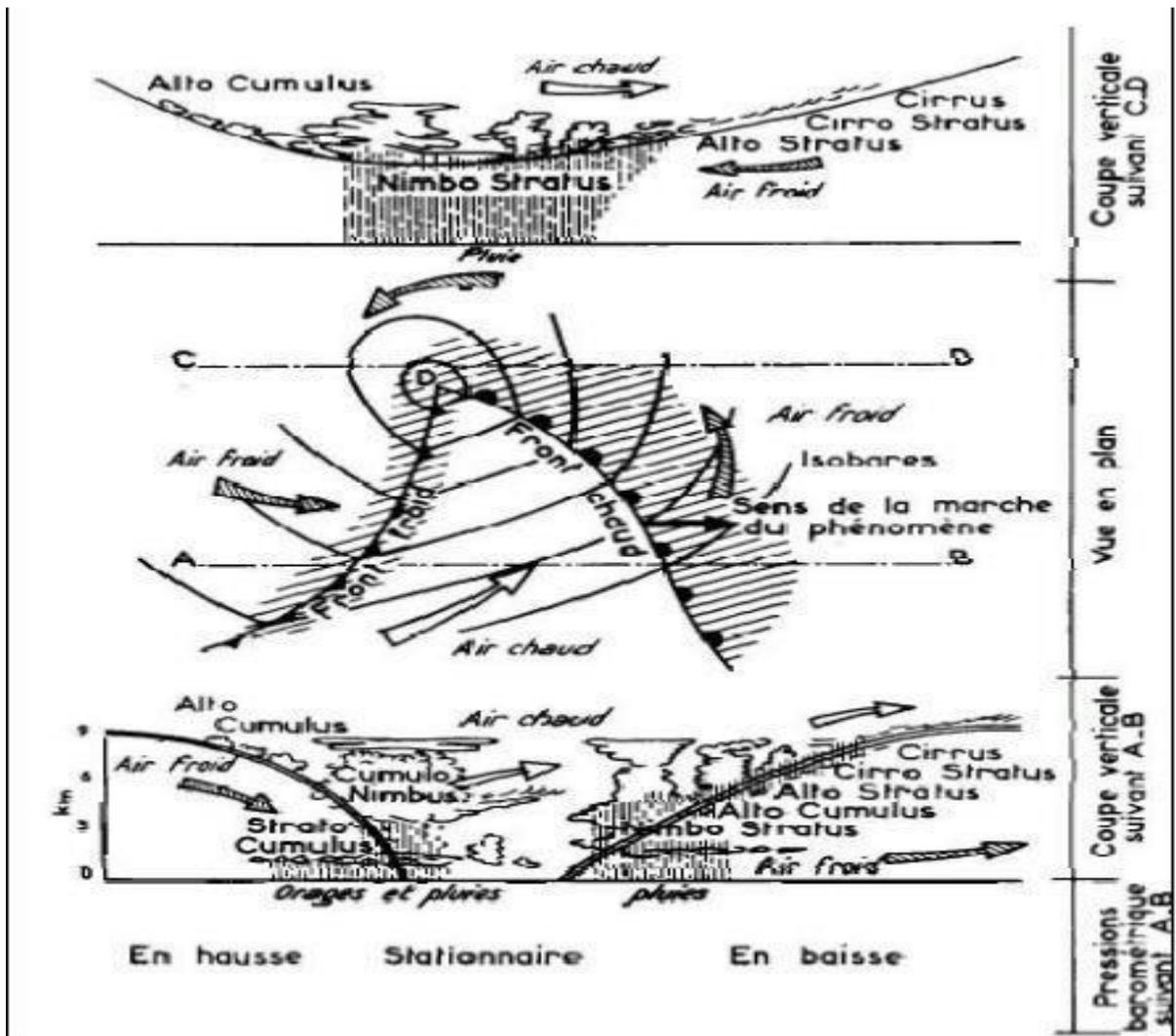


Figure 9. Nuages et précipitations associés à un front chaud et froid (Berne, 2002).

7. La mesure des précipitations

La mesure des précipitations est l'une des plus complexes en météorologie car on observe une forte variation spatiale selon le déplacement de la perturbation, le lieu de l'averse, la topographie et les obstacles géographiques locaux gênant sa captation. On exprime généralement les précipitations en hauteur ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm). Si on rapporte cette hauteur d'eau à l'unité de temps, il s'agit d'une intensité (mm/h). La précision de la mesure est au mieux de l'ordre de 0,1mm (Musy, 2005).

L'enregistrement des pluies en général, et des averses en particulier, se fait au moyen de divers appareils de mesure. Les plus classiques sont les pluviomètres et les pluviographes, à enregistrement mécanographique ou digital. Au contraire de ces approches ponctuelles, il existe aussi des méthodes de mesures globales fondées sur les méthodes radar et la télédétection.

Citons toutefois les deux appareils de mesures fondamentaux que sont (**Roche, 1963**) :

Le pluviomètre : instrument de base de la mesure des précipitations liquides ou solides. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relèves.

Le pluviographe : instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, outre la hauteur d'eau totale, leur répartition dans le temps, autrement dit les intensités.

8. Contraintes de mesure des précipitations

Les principaux problèmes rencontrés pour la mesure des précipitations concernant (**Molinie, 2004**) :

1. Perturbation des mesures par la circulation atmosphérique : Les obstacles (végétation, construction, le pluviomètre lui-même, ...) à la circulation de l'air perturbent les trajectoires des précipitations lorsque le vent est violent. Par exemple, lors d'averses violentes, les mesures de pluies sont affectées par l'inclinaison globale des filets de pluie (angle d'incidence) et par les turbulences de l'atmosphère au voisinage de l'impluvium. Parfois, seule une faible proportion de l'eau tombant au sol est captée par le pluviomètre. En effet, il a été montré que l'angle d'incidence de la pluie est une fonction croissante de la vitesse et du caractère ascendant du vent. Par ailleurs, cet angle est d'autant plus important que le diamètre des gouttes de pluie soit faible.
2. S'il on plaçait le pluviomètre au niveau du sol (enterré), le rebond des gouttes ou fragment de gouttes d'eau sur la modénature pouvant changer au cours de l'averse perturberait aussi la mesure. De plus sur une longue période de la croissance de la végétation pourrait porter atteinte à l'uniformité des conditions de mesures. La fragilité du système de mesure serait aussi accrue vu l'accessibilité des appareils pour les animaux par exemple.
3. Pour les systèmes à mesure totale des précipitations, il faut prendre garde à ce que le cumul de précipitation ne soit pas évaporé entre les mesures.
4. Nécessite d'enregistrer les données.
5. Choix de la localisation pour assurer la fiabilité, la reproductibilité, et une certaine homogénéité des mesures d'un point à l'autre.

9. Variabilité spatio-temporelle des précipitations

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

10. Variabilité temporelle des précipitations

Les précipitations n'ont cessé de fluctuer à toutes les échelles de temps. L'étude de variabilité des précipitations est importante pour toute étude hydrologique. Egalement, elle est d'un apport considérable dans l'étude des changements climatiques.

Le climat et plus exactement les précipitations ont connus des variations importantes ; un réchauffement et une baisse des précipitations sont observés depuis la moitié des années 1970 à l'échelle globale et à l'échelle régionale « méditerranée ». la circulation atmosphérique générale joue un rôle déterminant dans la variation du climat méditerranéen (notre zone d'étude) qui se trouve plus influence par l'oscillation nord atlantique (Taibi, 2011).

Pour déceler d'éventuels changements dans le régime pluviométrique, peut être déterminé par un certain nombre de tests statistiques :

11. problématique la stationnarité

Cette hypothèse revient à dire que les caractéristiques statistiques du processus que l'on étudie sont invariantes dans le temps ; Une série de données est dite stationnaire, lorsque l'on ne retrouve pas de variations temporelles significatives, autres que les fluctuations aléatoires dans les valeurs classées chronologiquement. On peut détecter une non-stationnarité en examinant la moyenne ou la variance de la série et en évaluant s'il y a eu un changement significatif à une date donnée.

Afin de tester la stationnarité de la moyenne d'une série de temps, on a le choix d'utiliser deux types de tests : les tests paramétriques et les tests non paramétriques. Les tests paramétriques sont effectués en considérant que la statistique du test est distribuée selon une fonction de distribution bien définie, comme par exemple, la loi de Soudent. Dans le cas des tests paramétriques faisant intervenir la distribution normale, la loi de Soudent et la loi de Fisher, on doit préalablement s'assurer que les données standardisées sont indépendamment et identiquement distribuées selon la loi normale centrée réduite.

Mais lorsque l'on rejette l'hypothèse de normalité de la série ou que l'on ne dispose pas de suffisamment de données pour vérifier cette hypothèse, ces tests ne peuvent être utilisés. On peut alors avoir recours à des tests non paramétriques, qui permettent de s'affranchir de l'hypothèse de normalité, en fondant l'analyse exclusivement sur les rangs des observations. L'avantage de ces tests est que l'on ne doit poser aucune hypothèse sur la distribution des données et que l'on peut très souvent effectuer quand même le test même avec un nombre limité de données.

12. Indices pluviométrique

Les outils non statistiques, comme les indices pluviométriques, permettent d'étudier la variabilité climatique. Les indices les plus utilisés pour la caractérisation du régime pluviométrique et qui font l'objet de plusieurs études, notamment dans le suivi de la sécheresse sont :

12.1. Indice de sécheresse de Palmer (PDI)

Cet indice mesure la différence d'approvisionnement en humidité pour les phases sèches et pour les phases humides. Il est calculé pour des périodes hebdomadaires ou mensuelles afin de caractériser les conditions régionales. Étant donné que ces indicateurs sont normalisés, il est possible de comparer différentes régions.

12.2. Indice pluviométrique standardisé

L'indice pluviométrique est un outil très intéressant pour caractériser les années sèches et les années humides. Il met en évidence la répartition temporelle de ces années. L'indice standardisé de précipitation « SPI » (standardisé precipitation index) a été développé en 1993 en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il reflète l'impact de sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau. Cet indice est calculé surtout lorsque la précipitation n'est pas normalement distribuée, notamment pour des périodes inférieures à 12 mois.

13. Les régimes pluviométriques et les cycles de sécheresse

En utilisant la seule donnée de précipitation dans une nomenclature climatique, on parvient à définir une répartition mondiale des différents régimes pluviométriques. Pour identifier et classer les diverses régions pluviométriques du globe, on a habituellement recouru aux précipitations moyennes mensuelles ou annuelles (évaluées sur une longue période) et à leurs variations. La précipitation moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'année (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donnée) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle (**Musy et Meylan, 1999**).

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

Tableau 1. Régimes pluviométriques du monde

Nom	Caractéristiques
Régime équatorial humide	plus de 200 cm de précipitations annuelles moyennes
Régime subtropical humide en Amérique	entre 100 et 150 cm de précipitation annuelle moyenne
Régime subtropical sec	moins de 25 cm de précipitation annuelle moyenne
Régime intertropical sous l'influence des alizés	plus de 150 cm de précipitation annuelle moyenne
Régime continental tempéré	entre 10 et 50 cm de précipitation annuelle moyenne
Régime océanique tempéré	plus de 100 cm de précipitation annuelle moyenne
Régime polaire et arctique	moins de 30 cm de précipitation annuelle moyenne

14. Variabilité spatiale des précipitations

La spatialisation des irrégularités des précipitations peut être approchée par le coefficient de variation (C_v) des séries de mesures disponibles. Ce coefficient permet une comparaison entre les stations. La variabilité interannuelle des pluies augmente lorsque l'on se rapproche des régions arides. L'augmentation de la variabilité suit l'accroissement de la longitude et la diminution de la latitudinale.

L'analyse du régime pluviométrique à l'échelle spatiale par le coefficient de la variation n'a fait que confirmer la forte variabilité des précipitations d'Est en Ouest du nord au sud. Qui est liée principalement aux grands ensembles géographiques du pays (Taïbi, 2011).

15. Influence de la variabilité des pluies sur les régimes des cours d'eau

Les précipitations, qui sont le facteur principal de l'alimentation des cours d'eau, ont une influence sur la variabilité des écoulements à toutes les échelles de temps. L'étude des séries hydrométriques menée sur une durée assez longue permet donc d'évaluer la réponse des rivières aux variations du climat. La notion de précarité des ressources en eau n'est pas récente. Cependant, la sécheresse qui a affecté les pays du bassin méditerranéen lors des dernières décennies s'est manifestée d'une manière particulièrement sévère, persistante et caractérisée par une intensité remarquable avec des conséquences dramatiques liées aux déséquilibres importants des ressources en eau aussi bien quantitativement que qualitativement. Il ressort que les pluies se caractérisent par une grande variabilité interannuelle et intra-annuelle. Cette variabilité a entraîné celle des ressources en eau de surface et souterraine et par conséquent des disponibilités en eau. La diminution des précipitations a bien sûr des répercussions sur les lames d'eau écoulées mensuelles. A noter aussi que les écoulements de la fin de l'été et de l'automne sont peu ou pas diminués, ce qui peut résulter de la violence de certains épisodes de crue.

16. Répartition des précipitations

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

16.1. À l'échelle du globe

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

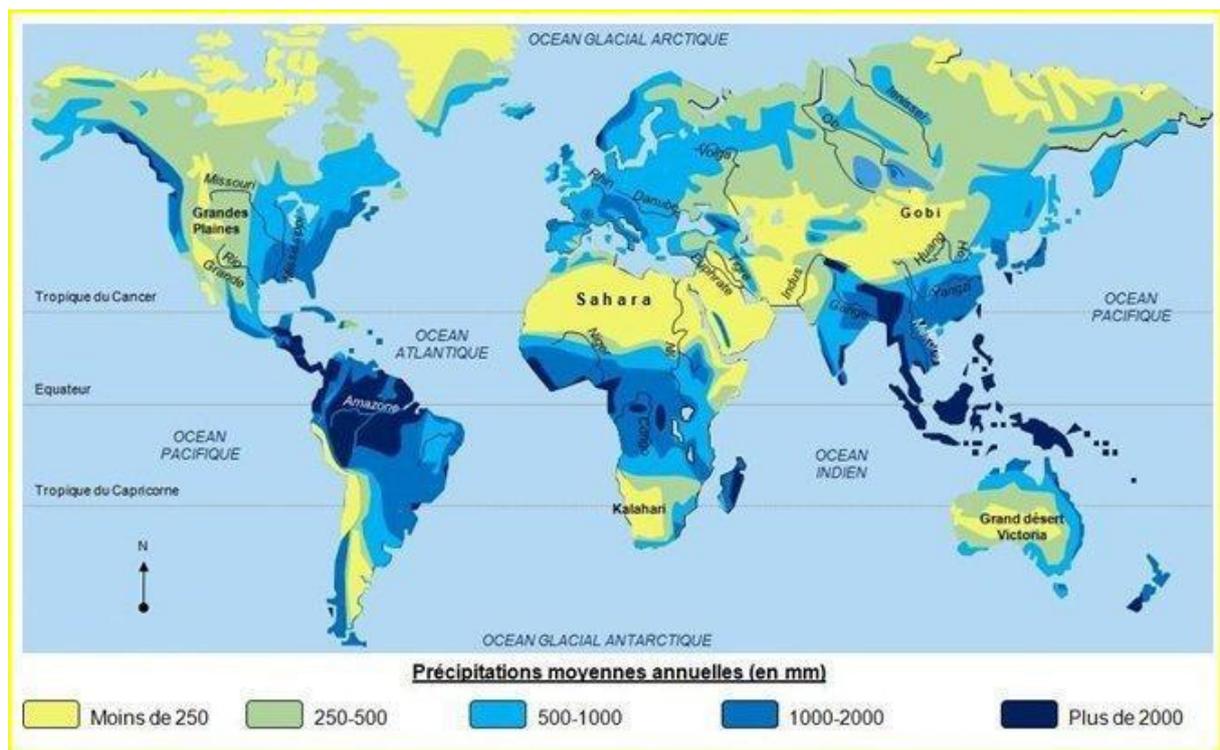


Figure 10. Répartition mondiale des précipitations

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

16.2. À l'échelle région

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

16.3. Échelle locale

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

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

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides. Elle augmente également d'ouest en Est et à l'inverse elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud. (Haouchine S, 2011). L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hauts Plains et supérieur à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

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

➤ Un gradient longitudinal : la pluviosité augmente d'Ouest en Est (450 mm/an à Oran plus de 1000 mm/an à Annaba). Ce gradient est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la Sierra

Synthèse bibliographique

Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme écran et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie.

- Un gradient latitudinal : les précipitations moyennes annuelles varient de 50mm dans la région du M'Zab à 1 500mm à Jijel. Cette diminution du littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques.
- Un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer.

MATERIELS ET METHODES

I. Présentation général de la wilaya de Tiaret

1. Situation géographique

La wilaya de Tiaret située dans la partie Nord du pays, à 340 km au Nord d'Alger est la capitale du pays. Le territoire de la région se compose de montagne au nord, de hautes basses terres au centre et de zones semi-arides au Sud. Elles s'étendent entre 0,34° à 2,5° de longitude est 34,05° à 35,30° de latitude Nord. il couve 20086,62 kilomètre carrés.

La région de Tiaret comprend 14 daïres et 42 communes. Elle est bordée par plusieurs régions à savoir : Tissemsilt et Relizane au Nord, Laghouat et El Bayadh au Sud ; Mascara et Saida à l'Ouest ; Djelfa à l'Est.

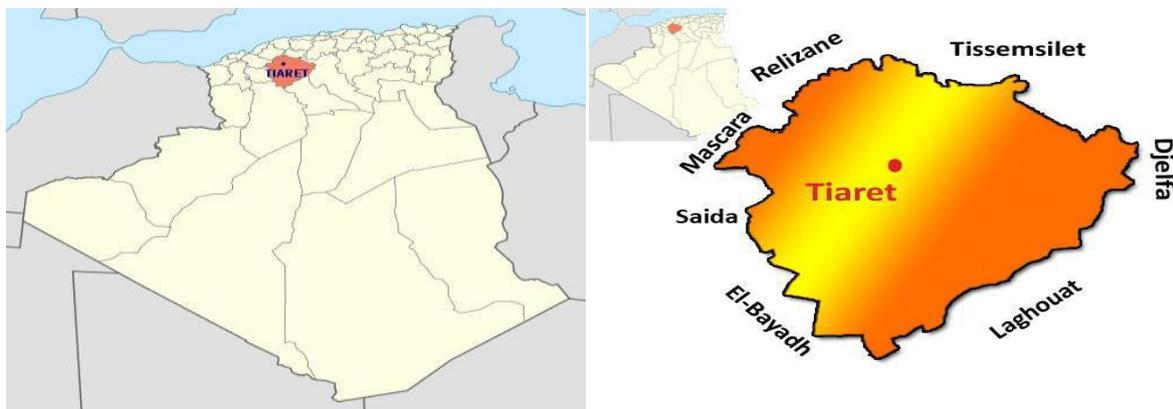


Figure 11 .Situation géographique de la ville de Tiaret (ANDI, 2014).

2. Cadre géomorphologie

La zone de Tiaret présent diverses unités naturelles qui identifie les deux principales unités morphologique, Hautes plaines et Tell Atlas.

L'analyse géomorphologique permet d'identifier quatre unités différentes plus ou moins homogènes selon (Duvignaud, 1992) Collines de Tiaret ; Les monts de Frenda ; Plateau du Sersou ; Parcours Steppiques.

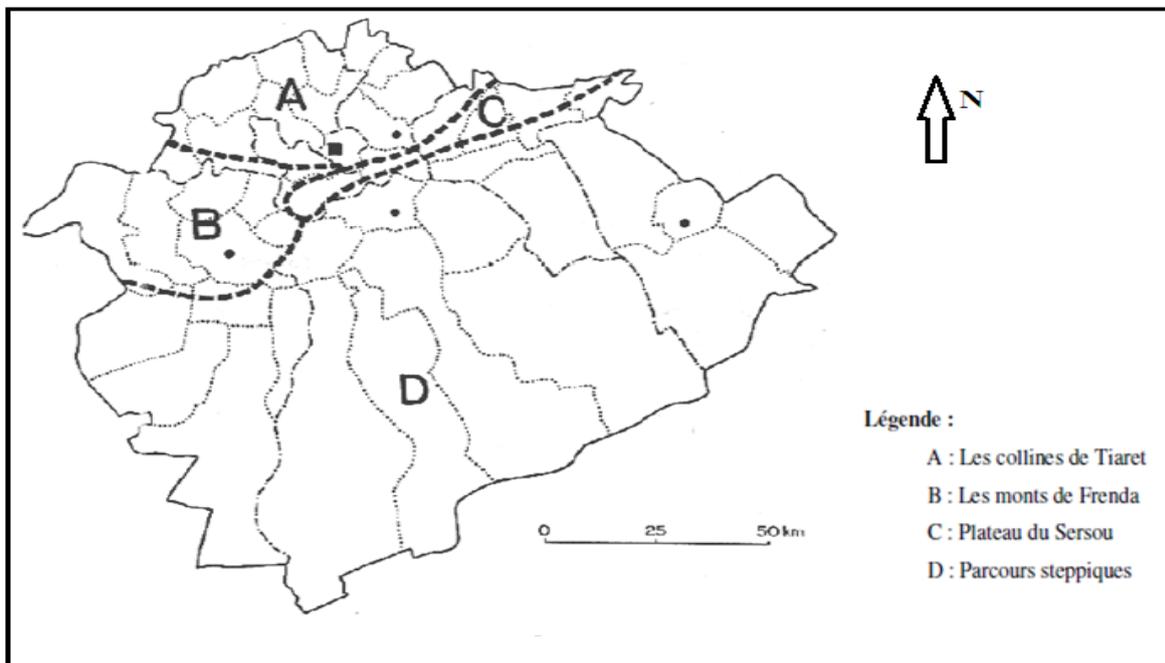


Figure 12: Carte des régions naturelles de la wilaya de Tiaret (Duvignaud, 1992).

3. Le relief

La Wilaya de Tiaret présente sur le plan physique trois grandes zones distinctes :

Au nord : une zone montagneuse de l'atlas tellien.

Au centre : les hauts plateaux.

Au sud : des espaces semi arides.

4. Hydrogéologie

4.1. Les eaux superficielles : La région de Tiaret est alimentée par deux principaux bassins fluviaux, les bassins du (Cheliff et des hauts plateaux oranais) au sein de ces deux bassins fluviaux se trouvent quatre sous-bassins drainés par 889km de cours d'eau permanents et 1049km de cours d'eau intermittents. Ce sont des oueds : AbdMechti, Mina, Rhica, Souslem, Tiguiquest et Touil. La capacité en eau de la zone est estimée à 100hm² initialement à 1525m² pompé a Cheliff .Alimentation de 100hm depuis Bekhada, barrage de DahmouniBougara d'une capacité de 45,42 et 13hm².

4.2. Les eaux souterraines : près de 80% des ressources totales en eaux souterraines de la région sont situées dans la zone steppique ; il se compose de trois couches principales, à savoir : le Sersou, Oued Touil, chott chergui. Avec une quantité totale de 44,60hm² /an, le principe source d'eau souterraine est rapatriée comme suit :

Matériels et méthodes

-nappe Oued Abd ($7\text{hm}^2/\text{an}$), nappe Oued Mina ($8\text{hm}^2/\text{an}$) et Nappe Oued Teht ($01,4\text{ hm}^2 /\text{an}$) et Nappe Oued Touil ($17\text{hm}^2/\text{an}$) et la profondeur Sersou dans l'eau ($7\text{hm}^2 /\text{an}$).

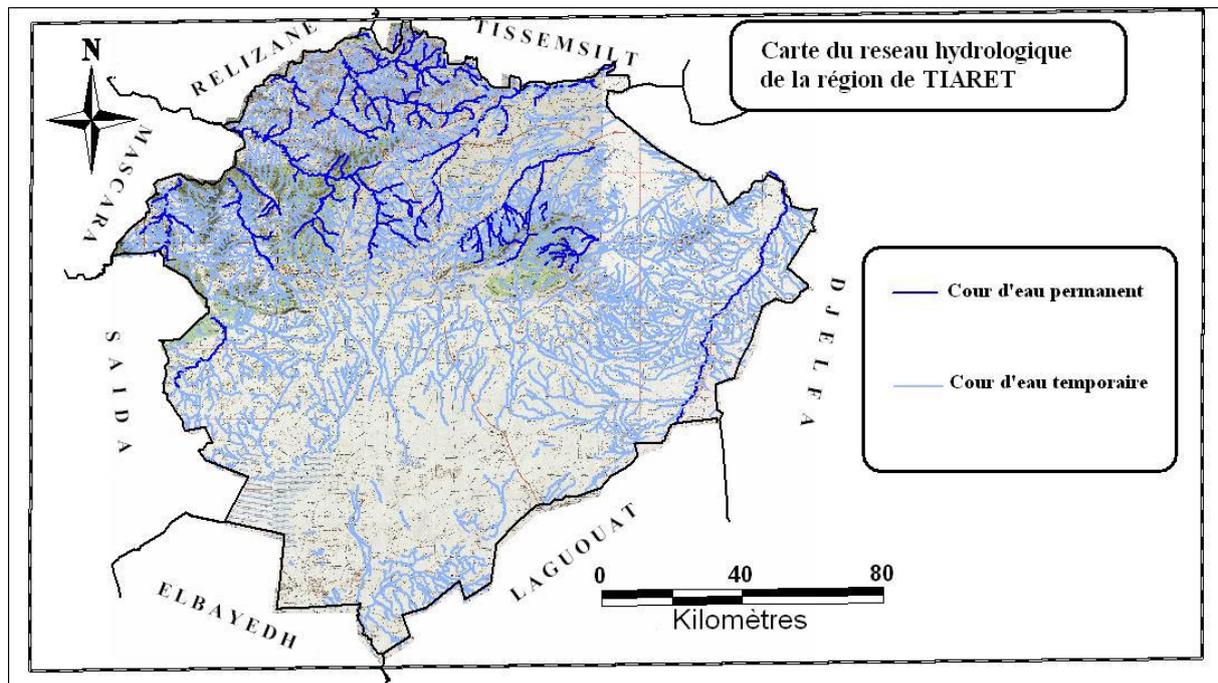


Figure 13: Réseau hydrologique de la région de Tiaret (C.E.T, 2014)

5. Climat de la région

La wilaya de Tiaret se trouve à 1150 m d'altitudes, son climat se caractérise par 2 périodes : un hiver froid et humide et été chaud et sec avec une température moyenne à $37,2^{\circ}\text{C}$ (ANDI Tiaret, 2014).

Selon une étude faite par (Nouar, 2015), le niveau bioclimatique suggère que le climat de la wilaya de Tiaret diffère du type méditerranéen en deux saisons : pluvieuse en hiver et sèche en été. La classification du milieu bioclimatique selon la température moyenne annuelle « T » et le moyenne maximale du mois le plus froid « M » indique que toutes les régions dans la période méso-méditerranéen.

Les sécheresses estivales prolongées et les précipitations irrégulières limitant les facteurs écologiques qui menacent souvent l'écosystème naturel de la région étudié.

6. Potentialités agricoles

Tiaret s'étend sur une superficie de $20\,673\text{ km}^2$ et compte plus de 900 000 habitants. La wilaya contribue à hauteur de 3% à l'économie nationale et de 24% au développement de l'économie locale avec à elle seule, un chiffre de 10 Mds DZD (75,5 M EUR). Elle est

d'ailleurs leader national sur deux créneaux, la production céréalière et la production de viandes rouges, de viandes blanches, d'œufs, d'olives, de fruits et légumes.

Situés sur les hauts-plateaux à 300 Km au sud –ouest de la capitale algéroise, Tiaret met tout en ouvre pour développer l'exportation des ses produits. 40 projet ont été lancés ; la moitié sont en cours de réalisation, comme l'extension de 700 000 ha de terre agricole sur un totale de 1,6 M ha. Une attention particulière est réservée aux filières lait, viandes et céréales, pour une agriculture moderne, afin d'encourager les projets d'investissements.

Méthodologie

1. Préparation de la série climatique

La série climatique a été construite en se basant sur les sites climatiques et les bulletins de l'ONM

2. Analyse des variables climatiques

Pour analyser la pluviométrie dans la région d'étude, nous utilisons les méthodes issues du calcul d'un certain nombre d'indices.

2.1. Indice SPI «Indice de précipitations normalisé»

Il a été mis au point par l'université du Colorado en 1990. C'est un indice simple, puissant et souple à la fois, basé sur des données pluviométriques (McKee et al. 1993, 1995).

Il est exprimé mathématiquement (OMM, 2012) comme suit :

$$\text{SPI} = (\text{Pi} - \text{Pm})/\sigma$$

Où :

SPI = Indice standardisé de précipitation ;

pi= Moyenne interannuelle (mm) ;

pm= Moyenne de la série (mm) ;

sigma = Ecart type de la série (mm).

L'intensité des événements est évaluée selon la valeur de l'indice obtenu. L'indice SPI indique qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à -1,0 et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive.

2.2. Indice du déficit pluviométrique (IDP)

Cet indice permet aussi de montrer et de calculer le nombre des années déficitaires et leur succession. Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif, de sèche lorsqu'il est négatif. Il s'exprime par la formule suivante :

$$\text{IDP} (\%) = (\text{Pi} - \text{Pm})/\text{Pm} \times 100$$

où :

IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage) ;

Pi : précipitation annuelle (en mm) ;

Pm : précipitation moyenne (en mm).

2.3. Indice de pluviosité (Ip)

C'est le rapport de la hauteur de précipitation d'une année à la hauteur moyenne annuelle de précipitation de la série. Il est exprimé par la formule suivante :

$$IP = Pi/Pm$$

Une année est dite humide si ce rapport est supérieur à 1 et sèche s'il est inférieur à 1.

2.4. Indice de sécheresse (IS)

Cet indice permet d'estimer le déficit pluviométrique annuel. Cet écart à la moyenne est la différence entre la hauteur des précipitations d'une année Pi et la hauteur moyenne annuelle de précipitations P de la série. La formule est :

$$IS = Pi - P$$

L'indice est positif pour les années humides et négatives pour les années sèches.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse des paramètres climatiques

1.1. Température

Les relevés moyens annuels des températures enregistrées sur la période d'étude (1992-2021) sont présentés dans la figure14 D'après cette figure, il est déterminé que la moyenne mensuelle du mois le plus froid est 0,12°C et celle du mois le plus chaud est de 35,35°C, elle correspond, respectivement pour le mois janvier et juillet.

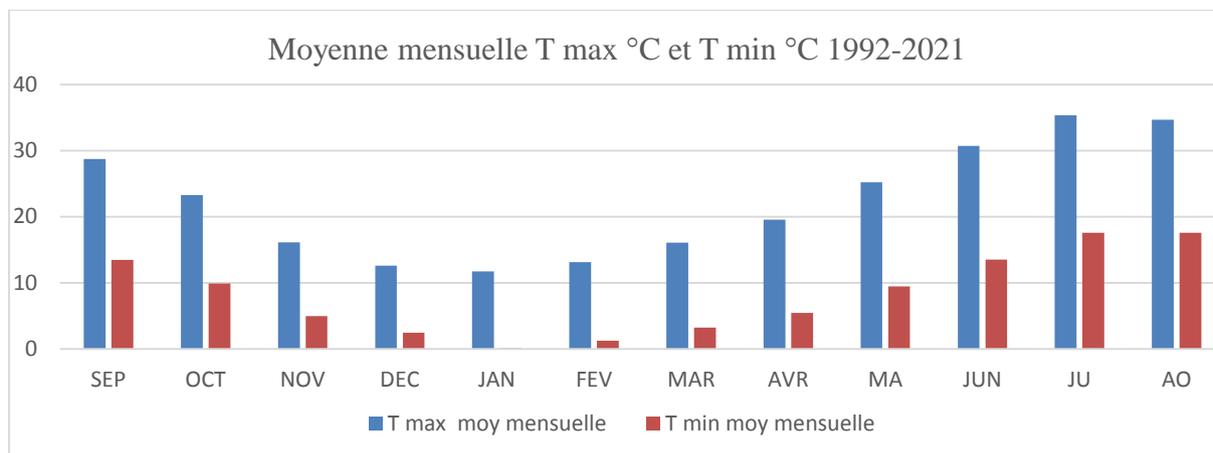


Figure 14. Température moyennes mensuelles (1992-2021)

1.2. Humidité relative

L'humidité relative est la quantité d'eau présente dans l'air qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal. L'humidité moyenne mensuelle pour la période d'étude (1992-2021) est illustrée par figure15 Il est constaté que le mois le plus humide est le décembre avec 76,44% et le juillet est le mois moins humide avec 36,49%.

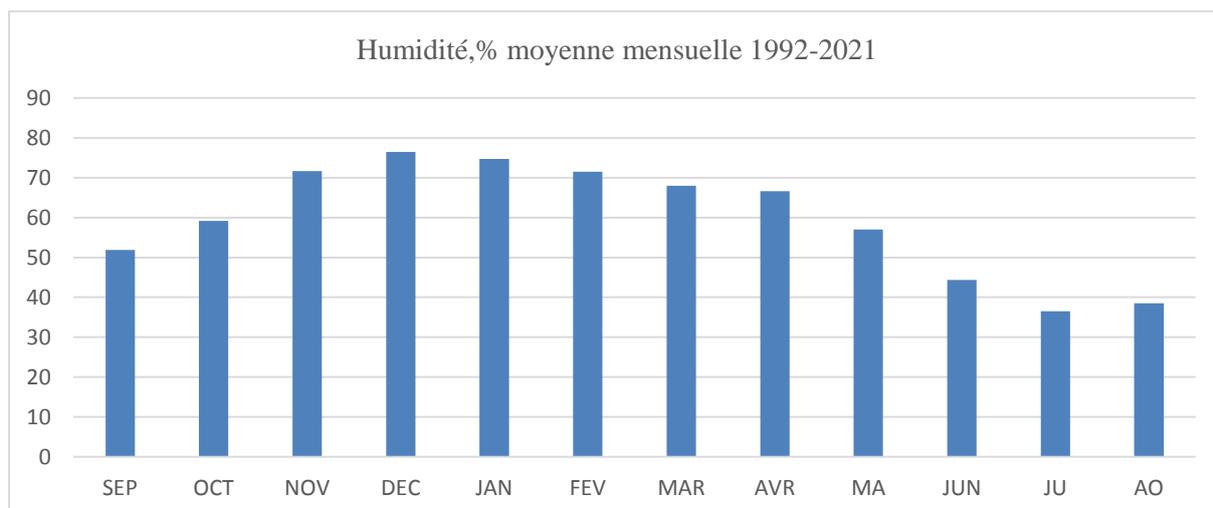


Figure 15. Humidité relatives, moyennes mensuelles (1992-2021)

1.3. Insolation

La variation de la durée d'ensoleillement est illustré dans la **Figure 16**, il est constaté que sur toute la période climatiques (1992/2021) le mois le plus ensoleillé est juin avec 11,67 h et le mois le moins ensoleillé correspond au mois de décembre avec 6,2 h.

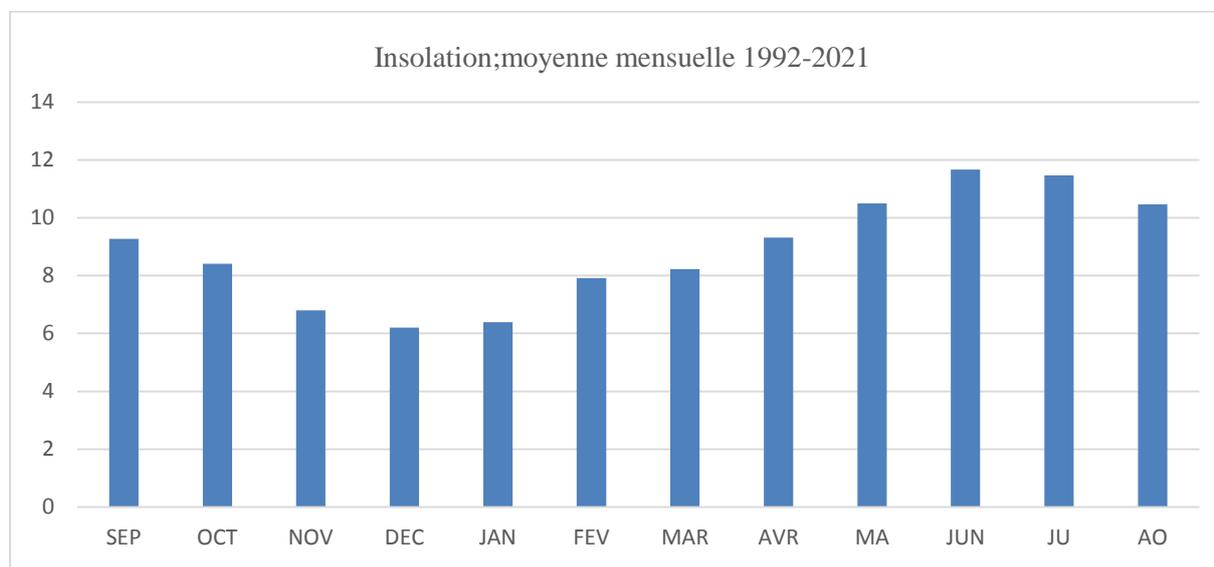


Figure 16. L'insolation moyenne mensuelle de la région de Tiaret (1992-2021)

2. Calcul de l'évapotranspiration de référence

2.1. A l'échelle annuelle

L'ET₀ qui a été calculée selon la méthode Penman-Monteith de la FAO. Celle-ci nécessite comme donnée d'entrées la température (minimale et maximale), l'humidité (minimale et maximale) ainsi que la radiation solaire et la vitesse du vent à 2 mètres au-dessus du sol. Il est présenté par la **Figure 17**, d'après cette figure, il est constaté que la moyenne de la série choisie est de 997,87 mm, fluctue entre un minimum de 828,5 et un maximum de 1103,95 mm.

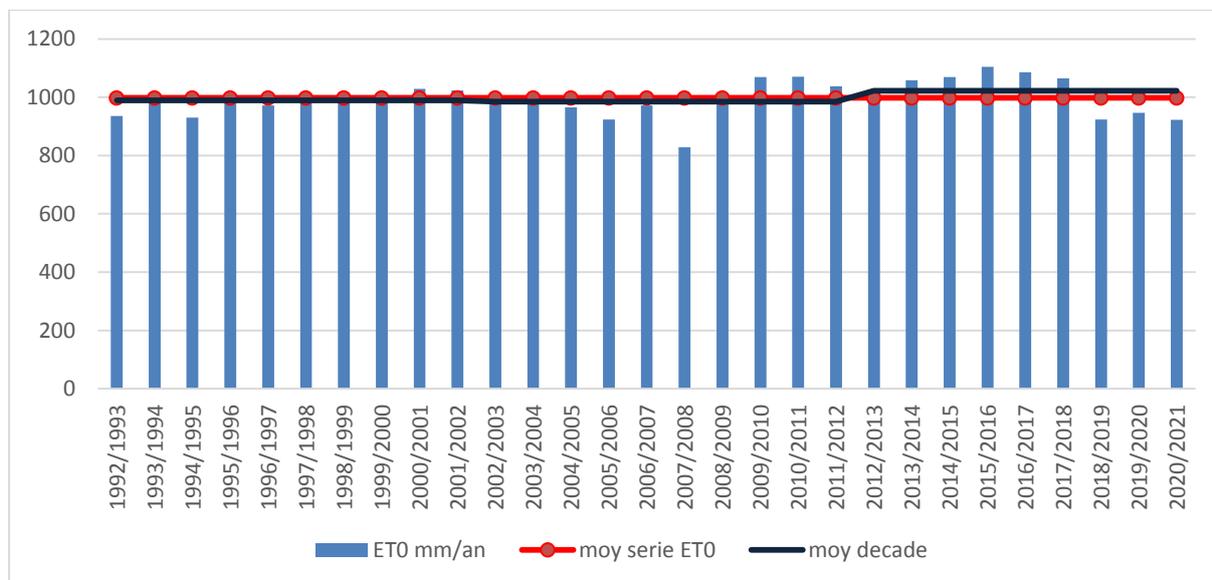


Figure17. Variation interannuelle de l'évapotranspiration de référence (1992-2021)

2.2. Al'échelle saisonnière

La figure 18, illustre la variation interannuelle de l'évapotranspiration de référence (ET0) à l'échelle de la saison de croissance de culture de blé dur, sur une période d'étude (1992-2021). Il est constaté que la moyenne annuelle de l'ET0 de l'orge est de 399,88 mm, fluctue entre un maximum de 483,81 mm et un minimum de 228,10 mm.

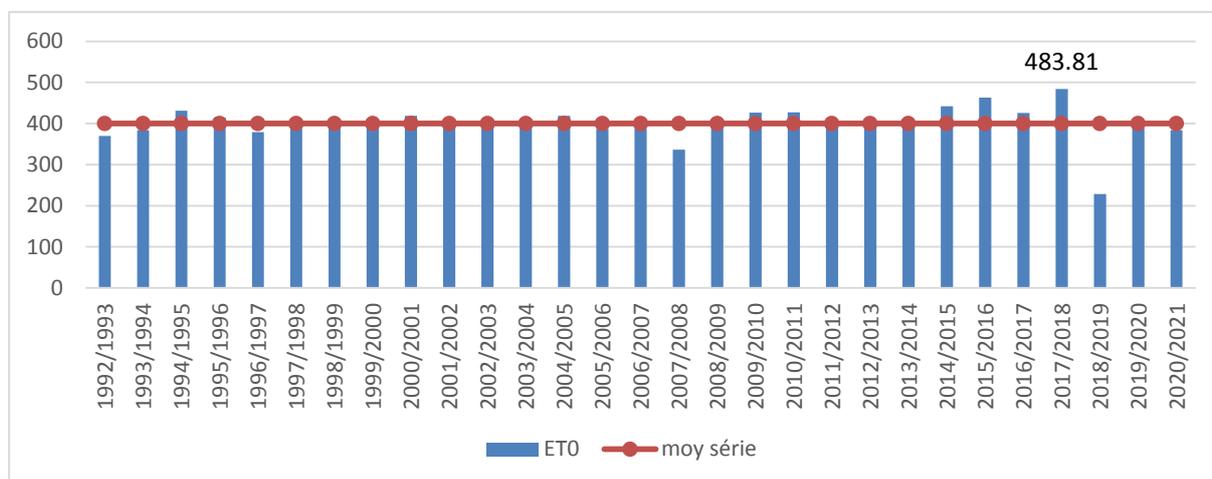


Figure 18. Variation interannuelle de l'évapotranspiration de référence à l'échelle de la saison de culture, période (1992-2021).

3. Analyse de la pluviométrie

3.1. A l'échelle annuelle

La Figure 19 illustre la variabilité interannuelle de la pluviométrie durant de la série climatique (1992 à 2021).

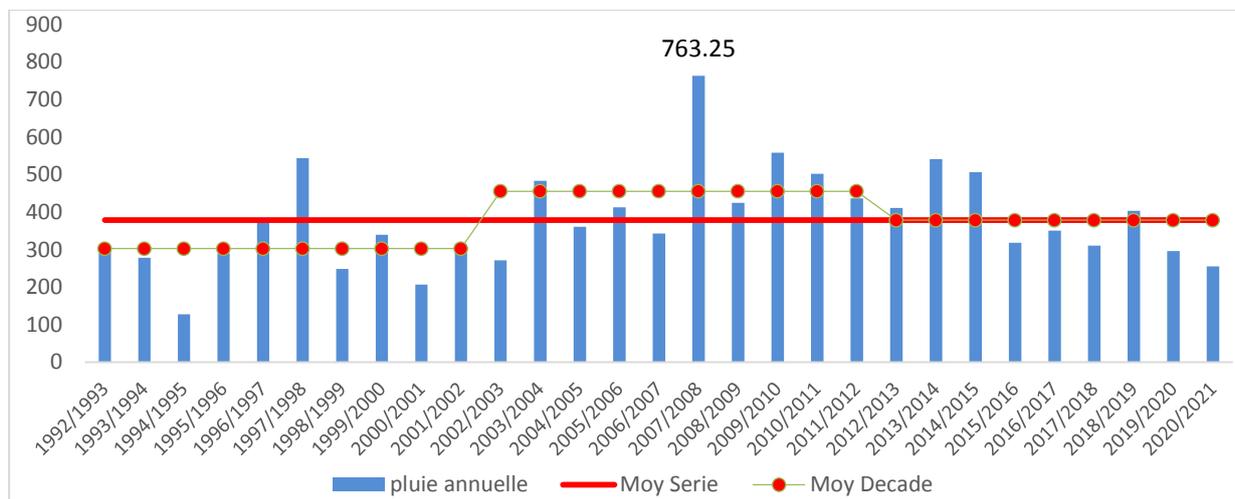


Figure 19. Variabilité interannuelle de la pluie (1992-2021)

Il est constaté que la valeur moyenne annuelle de la pluie estimée sur la période d'étude (1992-2021) est de l'ordre de 378,26 mm. Les résultats obtenus montrent que l'année excédentaire est 2007/2008 et l'année déficitaire est 1994/1995.

3.2. A l'échelle saisonnière

4. Indices climatiques

4.1. Indice de précipitations standardisé

L'illustration graphique de l'indice de précipitations standardisé, à partir de la série 1992-2021, a permis de mettre en évidence trois périodes bien distinctes ; la première étant sèche (1992-2003), suivie par une deuxième période humide (2003-2015) tandis que la troisième est plutôt sèche (2015-2021) (figure 20)

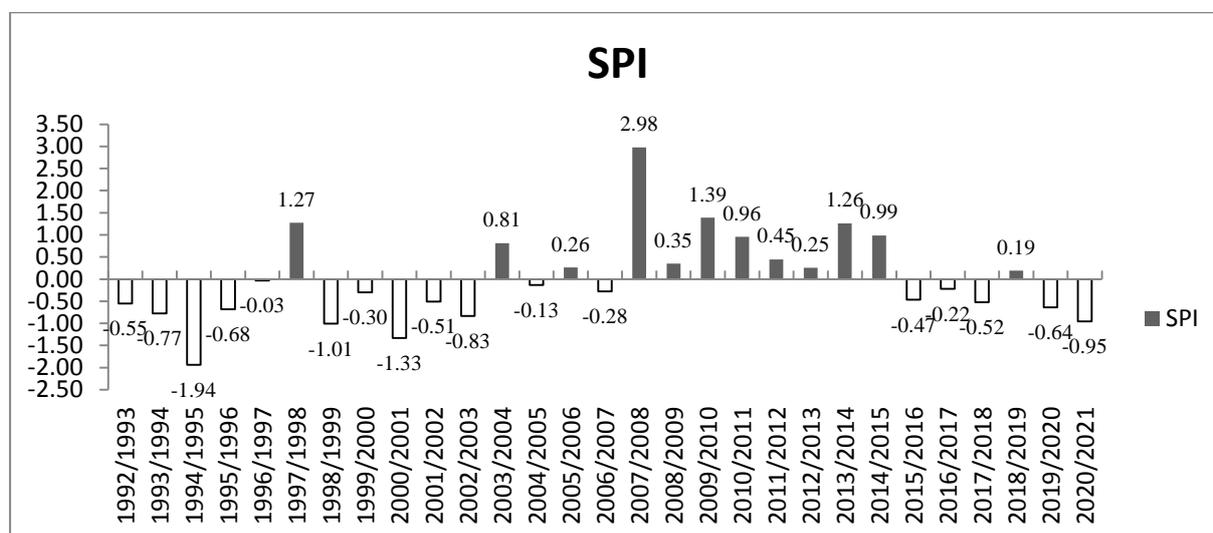


Figure 20. Indice de Précipitations Standardisé (SPI) durant la période 1992-2021

Les vingt-neuf années d'observation, de la série pluviométrique 1992-2021, sont réparties en années sèches et en années humides en tenant compte des valeurs de l'indice de précipitations standardisé (tableau 2)

Tableau 2 : les valeurs de l'indice de précipitation standardisé

Echelle SPI	Observation	Nombre d'années	Echelle SPI	Observation	Nombre d'années
$2 < \text{SPI}$	Humidité extrême	01	$0 < \text{SPI} < -0.99$	Sécheresse légère	14
$1.5 < \text{SPI} < 1.99$	Humidité sévère	00	$-1 < \text{SPI} < -1.49$	Sécheresse modérée	02
$1 < \text{SPI} < 1.49$	Humidité modérée	02	$-1.5 < \text{SPI} < -1.99$	Sécheresse sévère	01
$0 < \text{SPI} < 0.99$	Humidité légère	09	$\text{SPI} < -2$	Sécheresse extrême	00

La série pluviométrique 1992-2021 est caractérisée par quatorze années de sécheresse légère et neuf ans d'humidité légère. L'année 1994/1995 a connu une sécheresse sévère (Pmm =127,4 mm) et l'année 2007/2008 s'est manifestée par une humidité extrême avec une pluviométrie de 763,25 mm. Il est à noter que la période d'étude 1992-2021 n'a pas connue de sécheresse extrême.

4.2. Indice de déficit pluviométrique

L'indice de déficit pluviométrique a permis d'estimer la variation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale. Le déficit le plus important enregistré durant toute la période d'observation est de $-66,32\%$ (figure 21).

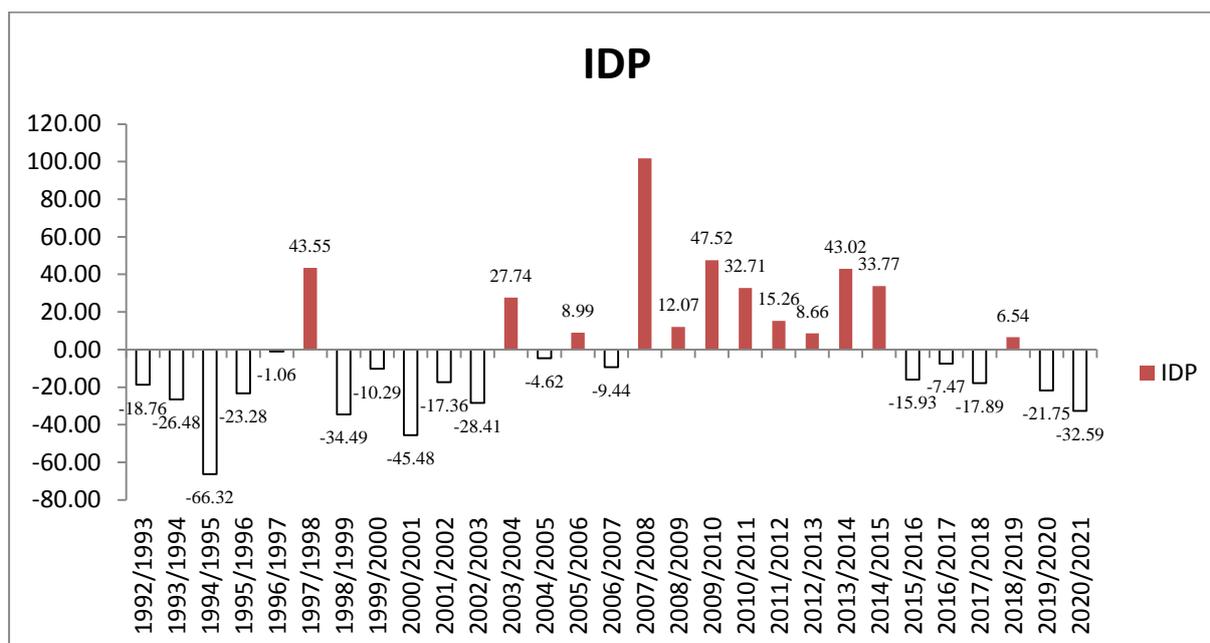


Figure 21. Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1992-2021

La première phase de déficit pluviométrique s'est étalée sur dix ans avec un taux maximal de $-66,32\%$. La seconde phase est marquée par cinq années de déficit pluviométrique et un taux maximal de $-32,59\%$. L'excès pluviométrique, pour cette série pluviométrique est observé en 2007/2008, 2009/2010 et 2013/2014 avec respectivement $99,78\%$, $47,52\%$ et $43,02\%$.

L'analyse de la série pluviométrique montre nettement la variabilité interannuelle de la pluviométrie et sa tendance à la baisse, en plus d'une dispersion croissante dans le temps qui a pour origine la grande irrégularité des épisodes excédentaires et déficitaires.

4.3. Indice de pluviosité

Le graphique de l'évolution de l'indice de pluviosité a permis de constater que les épisodes de sécheresse de 1992 à 2003 et de 2016 à 2021 sont d'une intensité allant de légère à modérée (Figure 22). La succession des années humides ont fait suite à celle des années sèches depuis 2003 jusqu'à 2015.

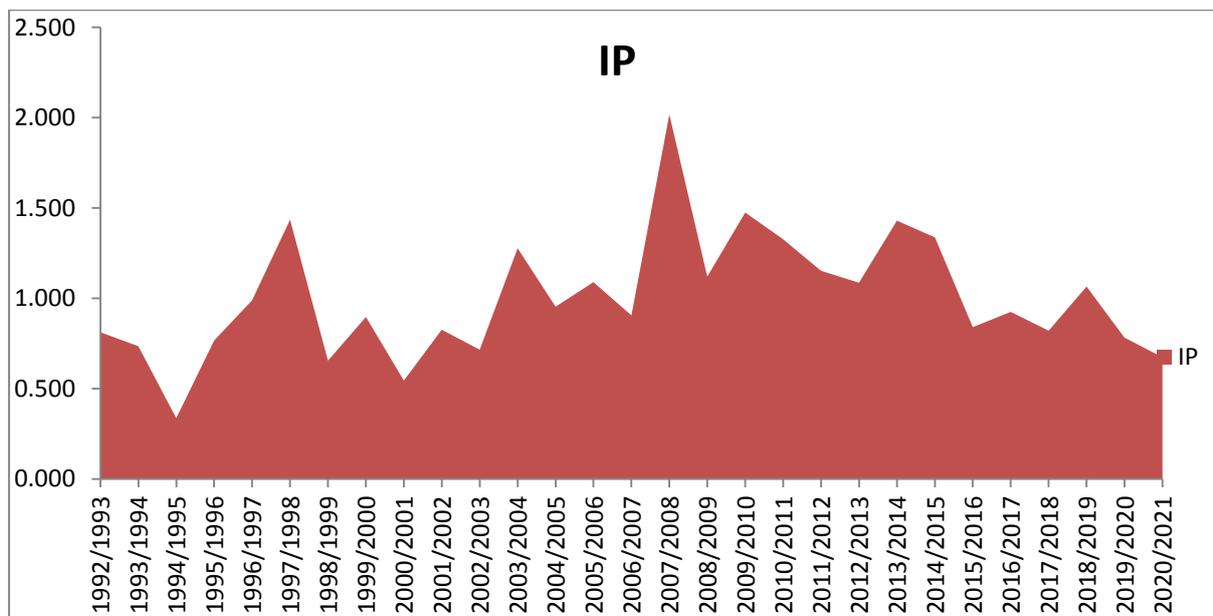


Figure 22.Indice de Pluviosité (IP) durant la période 1992-2021

4.4. Indice de sécheresse

La détermination du niveau de sévérité de sécheresse vécues est effectué le calcul de l'indice de l'écart a la moyenne. L'analyse de la figure a rendu encore possible la confirmation d'une sécheresse légère a modérée observé dans la série pluviométrique.

Les épisodes de sécheresse sont plus en plus longue sou elles s'étalent sur 1992 à 2007.larépartition des années sèches s'est accélérée et longévité de la période sèche également.

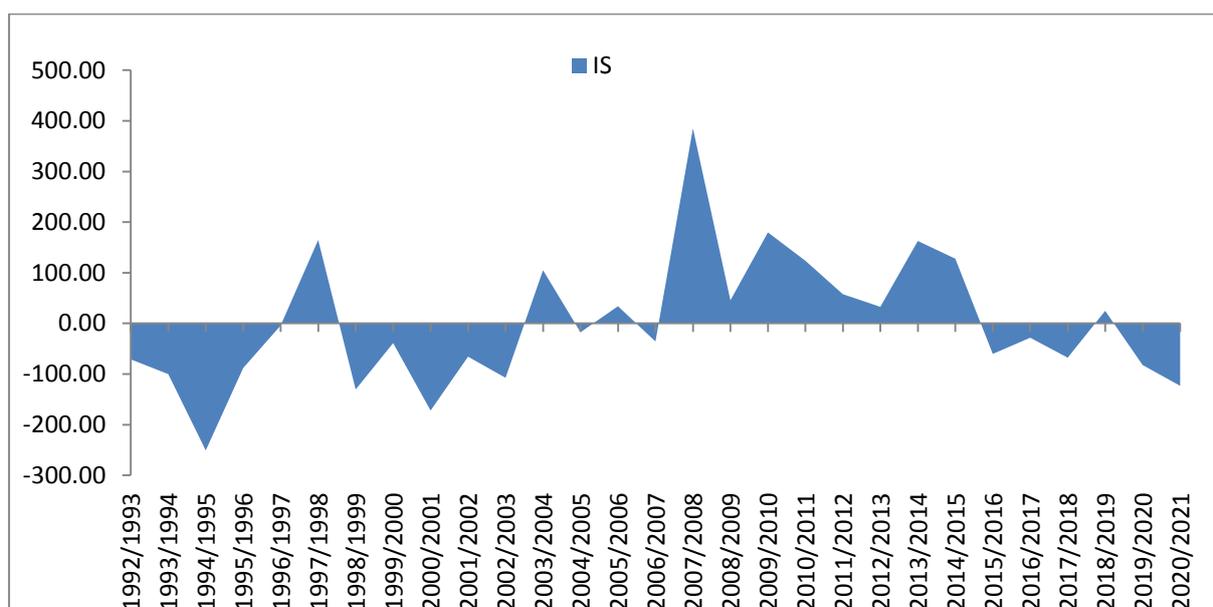


Figure 23. Indice de Sècheresse (Is) durant la période 1992-2021

5. Pluie - Rendement

La figure 24 montre la combinaison entre les quantités de pluie annuelles reçues lors de la période 2000-2020 et les rendements obtenus.

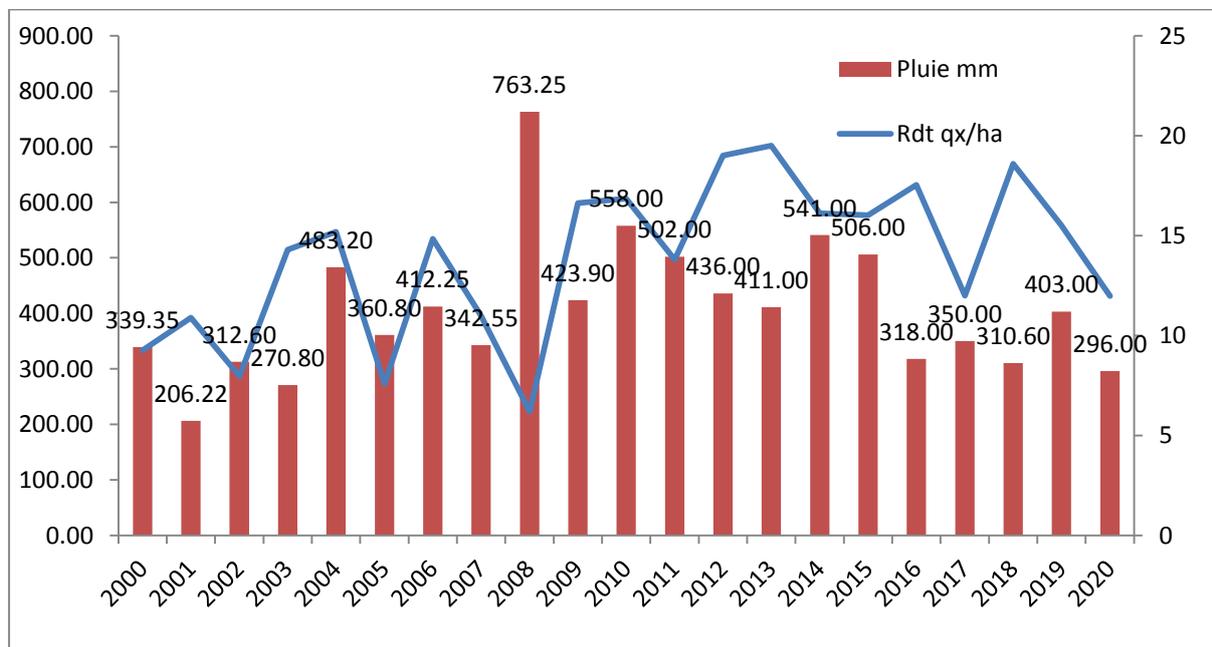


Figure 24 : La quantité de pluie annuelles et les rendements de blé (2000-2020)

Nous constatons que les quantités de pluie reçues et les rendements récoltés ont suivi la même tendance sur la période d'étude 2000-2020, sauf pour l'année 2008, on a enregistré une pluie de 763,23 qui bénéficie pour la culture de blé dur avec un rendement faible (6,19 qx/ha).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'étude des impacts de la variabilité pluviométrique en ce qui concerne l'évolution de la pluviométrie, indice de pluviométrie standardisé (IPS) a montré une fluctuation de la pluie dans les série chronologique ainsi distinguons nous des phases humide et des phases sèches dans les différentes stations et postes pluviométrie.

Les résultats des analyses pluviométriques effectuées montrent que la région Tiaret (Algérie occidentale) est passée par des épisodes de sécheresse et d'humidité. Cette étude qui s'appuie sur le calcul d'un certain nombre d'indices a permis de se rendre compte de l'extrême variabilité des pluies. Elle a montré aussi le caractère sévère et durable de la sécheresse climatique observée dans cette région de 1992 à 2003. Elle a mis aussi en évidence, le retour vers un épisode humide de 2007 à 2014.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Ababsa B, 2018. Etude de l'évolution des précipitations dans la région de Guelma ; Université Mohamed Kheider-Biskra.

ANDI, 2014. Agence national de développement l'investissement.

Baldy Ch. 1974. Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Rapport, ITGC, 72 p.

Bahroun S., KhericiBousnoubra H. (2011). évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'el tarf (nord-est algérien), larhyss journal, Issn 1112-3680, n° 09, décembre 2011, pp. 171-178.

Brahimi D. (2014) Analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie. Mémoire Master université Abou bekrbelkaid Tlemcen. Pp 49.

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

Bennis, S. (2007) .Hydraulique et hydrologie, 2 éme édition.

Belaid, D. 2012. Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. Pp 75-86.

Bennasseur, A. (2003). Référentiel pour conduite technique de la culture du blé dur (tritium durum) .p38.

CIC. (2019).Conseil International des Céréales. <https://www.igc.int/fr/>. C .E.T ,2014. Rapport annuel sur l'état des forêts de la wilaya de Tiaret.

Duvignaud ,1992 . Aménagement et gestion du territoire, application en Algérie (région de Tiaret et Algérie) université de Nice –Sophia Antipolis ,253p .

Djermroum, A .2009. La production céréalière en Algérie : les principaux caractéristiques blés dur .thèse License : Agronomie .Hassiba ben bauali de Chlef, p53.

Environnement Canada, (2013) ;www.ec.gc.ca/eau-water.

FAO, 2006, Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).

Feillet P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.

Fredot, M .2001. Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique .Ed. Tec et Doc .397 pages.

Gâte, P.H., (1995). Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation : Lavoisier, Paris 429p.

Gomez G. 2005. Histoire de l'Algérie. Chronologie de la préhistoire à l'indépendance

Références bibliographiques

Hirche A. ; Boughani A. & Salamani M., 2007.- Evolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. Science et changement planétaire/Sécheresse, Vol.18,N°4 314-20.

Haouchine, S. (2011) ; Recherches sur la faunistiques et l'écologie des macros invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Précipitation P 8.

Gomez G. 2005. Histoire de l'Algérie. Chronologie de la préhistoire à l'indépendance.

Lancel S. 2004. L'Algérie dans l'Antiquité. De Massinissa à Saint Augustin. Edi. Mengès, 260 p.

Laborde. J.P, (2000) ; Elément d'hydrologie de surface Support de cours, Université de Nice Sophia-Antipolis.

LABORDE, J.P. (2009). Éléments D'hydrologie De Surface. Ecole Polytechnique De L'université De Nice - SOPHIA ANTIPOLIS 202 p. Edition 2009.

Labidi, A. 2016. La culture du blé dur : besoin et contraintes .a gri Maroc. Ma.

MasleMeynard. J., (1982). Mise en évidence d'un stade critique par la montée d'une talle. Agronomie, 1: 623-632.

Medjerab. A, Henia L. (2005) ; Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord occidentale, PFE, 63p ;

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

Moline. G, (2004) ; Mesure des précipitations.

Musy. A, (2005) ; Cours d'Hydrologie Générale, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).

Morell. M, (1999) ; Acquisition et Constitution d'une Information Hydrologique De Base. Editions *H*G*A, Bucarest. 203p.

Nouar ,2015. Contribution à l'étude de la diversité floristique et biogéographique des matorrals selon un gradient altitudinal des monts de Tiaret (Algérie).

Rouverou P. 1930. Statistique de la production des céréales en Algérie. Céréales d'Algérie. Gouv., Gen., Alg., Direct., Agric., Colon., 2-58

Rouverou P. 1930. Statistique de la production des céréales en Algérie. Céréales d'Algérie. Gouv., Gen., Alg., Direct., Agric., Colon., 2-58

Robinson. M (2000) ; hydrologie continentale, Armand colin. Paris Pp 368.

Roche, 1963, roche P.A. (1963) hydrologie de surface

Smadhi D., Zella L., Amirouche M. and Bachir H.2017.Droughts in semi-arid cereal regions of Algeria.*JFundamAppl Sci.* 2017, 9(2), 1063-1073

Références bibliographiques

Smadhi D. et Zella L. 2009. Céréaliculture en sec et précipitations annuelles : le cas de l'Algérie du Nord. Rev. Sech., n°20, 199-203.

Statista, (2019). Les principaux pays producteurs de blé dans le monde 2016-2019.<https://fr.statista.com/>.

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

Senoussi, S., Agoumi, A., Yacoubi, M., Fakhraddine, A., Sayout, E.H., Mokssit, A., Chikri, N., (1999) ; Changements climatiques et ressources en eau Bassin versant de l'Ouergha (Maroc). HydroécolAppl (11). Pp 163-182.

Taibi. S, (2011) ; Thèse de magister : Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie.

Vilain M. (1987) : La production végétale. Vol 1. Les composantes de la production.

ED. Baillièrè. France. P : 416.

Viaux PH, 1980. Fumure azotée des céréales d'hiver. Rev. Perspectives agricoles spécial fertilisation N°43. p 10-25.