



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
قسم العلوم البيولوجية
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Amélioration des plantes

Thème

Etude de la relation précipitation-rendement en grain chez quelques céréales (Blé dur, blé tendre et l'orge dans quelques régions céréalières de l'Algérie (Sétif, M'sila et Batna)

Présenté par : - Siouda Bouchra
- Akmoum Souad

Devant le jury :

Président : M^r Maamri Khalifa.....MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)
Encadrant: M^{me} Chourghal Nacira.....MCA (Univ. Bordj Bou Arréridj)
Examineur: M^{me} Bourahla Amel.....MAA(Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail, au terme duquel, il m'est un agréable devoir de formuler mes vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation tant morale qu'intellectuelle.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que nos vifs remerciements à notre promotrice Dr : **Chourghal Nacira** pour avoir dirigé ce travail, et pour la confiance et l'intérêt qu'il nous a témoigné tout au long de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi aux **membres du jury**, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

*A monsieur **Foudil Kfiridine** et monsieur **Harkati** et l'ensemble des cadres de l'**ITGC** de Sétif.*

*A Madame **Yasmine** et l'ensemble des cadres du **DSA** de Batna et de M'sila.*

Je voudrais aussi adresser un grand merci chaleureux pour toutes les personnes qui a des titres divers ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à tous

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*A mes chers parents, **Fadila** et **Youcef** en qui j'ai trouvé le soutien immense dans les études et la vie, espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde affection et non grand respect ;*

A ma grande famille, du grand au petit surtout:

*Mes sœurs **Mayada** , **Fairouz**, **Houda***

*Mes frères **Mohssen** ,**Hatem** et **Younes***

À tous mes copines surtout:

***Lobna**, **Sara**, **Nariman**, **Wafa**, **Hafsa**, **Amel**, **Manel**, **Chourouk**, **Meriem**,*

Madjda**, **Khaoula** et **Kouloud

A toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Bouchra

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents, en qui j'ai trouvé le soutien immense dans les études et la vie, espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde affection et non grand respect ;

A ma grande famille, du grand au petit surtout:

*Mes soeurs **Ikram** et **Imane***

À tous mes copines surtout:

Babouche khouloud** **Benchennaf khaoula

*Et **Siouda Bochra***

A toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Souad

Table des matières

Liste des abréviations.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Listes des figures.....	iii
Résumé	
Introduction.....	01

PARTIE I: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : La céréaliculture

1. Généralités sur la céréaliculture.....	02
1.1.Importance.....	02
I. 1.1.1. Dans le monde	02
1.1.2. En Algérie	03
1.1.2.1. Superficies emblavées.....	03
1.1.2.2. Production et rendements.....	04
2. Aperçue générale sur le blé dur.....	05
2.1. Généralités	05
2.2. Croissance et développement du blé dur.....	06
2.2.1. Période végétative.....	07
2.2.2. Période reproductrice.....	07
2.2.3. Période de maturation des grains.....	08
2.3. Exigences de la culture.....	08
2.3.1. Climat.....	08
2.3.2. Sol.....	09
3. Aperçue générale sur le blé Tendre.....	09
3.1. Généralités	09
3.2. Croissance et développement de blé Tendre.....	11
3.2.1. Période végétative.....	11
3.2.2. Période reproductrice.....	11

3.4.3. Période de maturation des grains.....	12
3.3. Exigences de la culture.....	12
3.3.1. Climat.....	12
3.3.2. Sol.....	13
4. Aperçue générale sur l'orge.....	13
4.1. Généralités.....	13
4.2. Croissance et développement de L'orge.....	15
4.2.1. Période végétative.....	15
4.2.2. Période reproductrice.....	15
4.2.3. Période de maturation des grains.....	16
4.3. Exigences de la culture.....	16
4.3.1. Climat.....	16
4.3.2. Sol.....	17

Chapitre II : L'eau et les céréales

1. Les relations eau-rendement chez les céréales.....	118
1.1. Les besoins en eau d'une céréale.....	18
1.1.1. Les besoins en eau du blé dur.....	18
1.1.2. Les besoins en eau du blé tendre.....	19
1.1.3. Les besoins en eau de l'orge.....	20
1.2. La sécheresse et le stress hydrique.....	20
1.2.1. La sécheresse.....	20
1.2.2. Le stress hydrique.....	21
1.3. L'effet de stress hydrique sur les céréales.....	21

PARTIE II: MATERIEL ET METHODES

1. Présentation des zones d'études.....	23
1.1. La région de Sétif.....	23
1.1.1. La localisation.....	23
1.1.2. Le Sol.....	23
1.1.3. Le climat.....	24
2.2. La région de M'Sila.....	25
2.2.1. La localisation.....	25
2.2.2. Le Sol.....	26

2.2.3. Le climat.....	27
2.3. La région de Batna.....	29
2.3.1. La localisation.....	29
2.3.2. Le Sol.....	29
2.3.3. Le climat.....	30
3. Les sources des données.....	32
2.1. Les données climatiques.....	32
2.2. Les données de rendement.....	32
3. Etude de la relation précipitation-rendement	32
3.1. Les paramètres du droit de régressions.....	32
3.2. Le coefficient de régression(R^2).....	32

PARTIE II: RESULTATS ET DISSCUSSION

1. Analyse des précipitations durant la période d'étude.....	34
1.1. Précipitation cumulée sur le cycle.....	34
1.2. Précipitation cumulée durant la période végétative.....	35
1.3. Précipitation cumulée durant la période reproductrice.....	36
2. Evolution des rendements.....	37
2.1. Blé dur.....	37
2.2. Blé tendre.....	37
2.3. Orge.....	38
3. Relation précipitation – rendement.....	40
3.1. Blé dur.....	40
3.1.1. La régions de Sétif.....	40
3.1.2. La régions de M'Sila.....	41
3.1.3. La régions de Batna.....	42
3.2. Blé tendre.....	44
3.2.1. La régions de Sétif.....	44
3.2.2. La régions de M'Sila.....	46
3.2.3. La régions de Batna.....	47
2.3. Orge.....	48
3.3.1. La régions de Sétif.....	48
3.3.2. La régions de M'Sila.....	50
3.3.3. La régions de Batna.....	51
Conclusion.....	53

Référence bibliographique.....55

Listes des Tableaux

Tableau 01 : Les données climatiques moyennes mensuelles enregistrées en 2009.....	31
Tableau 02 : caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur le cycle pour les trois régions d'études.....	34
Tableau 03 : caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur la période végétative pour les trois régions d'études.....	35
Tableau 04 : caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur la période reproductrice pour les trois régions d'études.....	36
Tableau 05 : Rendement en grain (qt/ha) du blé dur dans les régions d'études.....	37
Tableau 06 : Rendement en grain (qt/ha) du blé tendre dans les régions d'études.	38
Tableau 07 : Rendement en grain (qt/ha) de l'orge dans les régions d'études.....	39

Listes des figures

Figure 01 : Répartition de la superficie emblavée en 2008 en Algérie.....	04
Figure 02 : La production céréalière en Algérie 1962/2012.....	04
Figure 03 : Cycle de développement du blé.....	08
Figure 04 : Cycle de développement de blé tendre.....	12
Figure 05 : Localisation de la région de Sétif en Algérie.....	23
Figure 06 : Répartition des niveaux de précipitations dans la région d'étude.....	25
Figure 07 : Circonscriptions administratives de la wilaya de M'Sila.....	25
Figure 08 : Variations mensuelles des précipitations (mm) (1988-2008).....	27
Figure 09 : Variations annuelles des précipitations (mm) (1988-2008).....	27
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1988-2008) de la région de M'Sila.....	28
Figure 11 : Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes, des maxima, et des minima en °C (1988-2008).....	28
Figure 12 : Situation géographique de la wilaya de Batna.....	29
Figure 13 : Les limites administratives de la wilaya de Batna.....	31
Figure 14 : Précipitation cumulée sur le cycle de culture des trois régions d'études.....	34
Figure 15 : Précipitation cumulée sur la période végétative des trois régions d'études.	35
Figure 16 : Précipitation cumulée sur la période reproductrice des trois régions d'études.	36
Figure 17 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé dur dans la région de Sétif.....	40
Figure 18 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé dur dans la région de Sétif.....	40
Figure 19 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé dur dans la région de Sétif.....	41
Figure 20 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé dur dans la région de M'sila.....	41
Figure 21 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé dur dans la région de M'sila.....	42
Figure 22 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé dur dans la région de M'sila.....	42
Figure 23 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé dur dans la région de Batna.....	43

Figure 24 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé dur dans la région de Batna.....	43
Figure 25 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé dur dans la région de Batna.....	44
Figure 26 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé tendre dans la région de Sétif.....	44
Figure 27 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé tendre dans la région de Sétif.....	45
Figure 28 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé tendre dans la région de Sétif.....	45
Figure 29 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé tendre dans la région de M'sila.....	46
Figure 30 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé tendre dans la région de M'sila.....	46
Figure 31 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé tendre dans la région de M'sila.....	47
Figure 32 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de blé tendre dans la région de Batna.....	47
Figure 33 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de blé tendre dans la région de Batna.....	48
Figure 34 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de blé tendre dans la région de Batna.....	48
Figure 35 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de l'orge dans la région de Sétif.....	49
Figure 36 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de l'orge dur dans la région de Sétif.....	49
Figure 37 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de l'orge dans la région de Sétif.....	49
Figure 38 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de l'orge dans la région de M'Sila.....	50
Figure 39 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de l'orge dans la région de M'Sila.....	50
Figure 40 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de l'orge	

dans la région de M'sila.....	51
Figure 41 : Courbe de régression pluie sur le cycle/rendement de l'orge dans la région de Batna.....	51
Figure 42 : Courbe de régression pluie sur la période végétative /rendement de l'orge dans la région de Batna.....	52
Figure 43 : Courbe de régression pluie sur la période reproductive /rendement de l'orge dans la région de Batna.....	52

Liste des abréviations et Acronymes :

CNCC : Centre National des Contrôles et de Certification des Semences et plants.

DSA : Direction des Services Agricoles.

Ha : Hectare.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures .

Mm : Millimètre.

Qt : Quintaux.

R² : Coefficient de régression.

Introduction

L'Agriculture constitue la composante principale des productions végétales en Algérie, elles couvrent près de 80% de la surface agricole utile (SAU) et intéressent la presque totalité des exploitations agricoles (**Apperit 1985**). La superficie céréalière nationale est actuellement d'environ 3,7 millions Ha (**MADR, 2005**). L'orge, le blé dur et le blé tendre occupent à eux seuls 97.60 % de la superficie totale, alors que 2,40 % seulement représente la surface occupée par l'avoine (**MADR, 2006**).

En plus de son intérêt comme une des principales céréales apportant l'énergie dans l'alimentation, le blé dur est aussi une source importante de protéines dans les pays en voie de développement (**Feillet, 2000**). Le blé tendre occupe une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes (**Fellahi, 2013**). L'orge est la deuxième céréale en importance après le blé dur (**Benmahammed, 2004**). Cette culture joue un rôle important dans l'équilibre de l'économie algérienne (**Sayoud et al., 1999**).

En Algérie, le secteur agricole dépend essentiellement des précipitations (**Schilling et al., 2012**) et l'agriculture pluviale couvre 98,6% de la superficie totale (**Cline, 2007**). La céréaliculture est une activité ancienne du milieu agricole algérienne. Elle est présente dans tous les étages bioclimatiques y compris les zones sahariennes, avec une prédominance de la culture du blé dur (**BSA, 2007**). Cependant, la production dans ce secteur reste faible et avoisine les 25 millions de quintaux pour un rendement moyen de 9 q/ha (**BSA, 2007**). Elle ne répond en effet qu'au quart du besoin annuel de consommation estimé à 80 millions de quintaux (**CNIS, 2005**). En effet, le caractère aléatoire spatio-temporel des précipitations est à l'origine de la baisse des rendements dans les zones céréalières algériennes (**Chourghal et al., 2015 ; Chourghal, 2016**).

Dans ce travail nous nous proposons d'établir et d'analyser la relation précipitation-rendement en grain de quelques céréales, à savoir ; blé dur, blé tendre et orge. Le choix de la région d'étude est dicté par la seule disponibilité en données de base requises par l'analyse. Ainsi nous nous sommes limités aux régions de Sétif, Batna et M'Sila.

Le document commence par une introduction suivie d'une synthèse bibliographique sur le sujet. Nous exposons ensuite la méthodologie adoptée pour accomplir l'étude puis l'ensemble des résultats et interprétations. Nous terminons évidemment par une conclusion générale dans laquelle nous résumons les principaux résultats de l'étude.

1. Généralités sur la céréaliculture

On appelle céréale toutes les plantes de la famille des Graminées (Poacées) dont le grain possède une amande amyliacée, susceptible d'être utilisée dans l'alimentation des hommes ou des animaux. Seul le sarrasin dont la graine remplit un rôle identique, appartient à une famille différente, celle des Polygonacées (**Godon, 1968**). Cette culture est très ancienne en Afrique du Nord celle de blé l'est particulièrement en Algérie. Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante au monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation pour le bétail. Le secteur des céréales est d'une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales. Les céréales sont principalement cultivées pour leurs grains (alimentation humaine et animale), pour leur paille (litière, fumier,) et pour la récolte en vert (en feuille ou en épis), cas de l'orge en Algérie, en culture pure ou en association avec une légumineuse (vesce avoine ou vesce orge) (**Belaid, 1986**). La composition de leur grain est cependant variable et assez caractéristique : 85 à 87 % de matière sèche, 7 à 12 % de protéines, 2 à 5 % de matières grasses, 60 à 85 % de glucides et 0,8 à 3 % de matières minérales (**Anonyme., 1981**).

La superficie mondiale consacrée aux céréales se situe autour de 692 millions d'hectares. Le blé est avec 200 millions d'hectares la céréale la plus cultivée dans le monde. La production mondiale des céréales est de l'ordre de 2.316 milliards de tonnes (USDA 2011/2012) ; en augmentation d'environ 800 millions de tonnes par rapport à 1970. Cette progression résulte de l'augmentation des superficies cultivées, mais surtout de celle des rendements à la suite des progrès techniques réalisés au cours des dernières décennies, amélioration variétale, utilisation croissante des engrais, méthodes de lutte contre les ennemis des cultures, mécanisations, irrigation.

1.1. Importance

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**), selon (**FAO, 2007**) leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes.

1.1.1. Dans le monde

Les céréales sont produites, par la consommation humaine (41%), l'alimentation du bétail (45%) et pour d'autres utilisations, notamment dans l'industrie (**FAO, 2007**) selon le **CIC(2007)**. La production et la consommation de céréales ont explosé depuis les trois dernières décennies, parallèlement à l'augmentation de la population mondiale.

Dans le monde, les blés et le riz sont, sans doute les plus importants en termes de superficies consacrées à leur production avec 51% de la superficie annuelle allouée aux céréales principales (FAO, 1997). Le blé dur occupe, mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 554 millions de tonnes en 2004 (CIC, 2000).

Les céréales ont constitué la base principale de l'alimentation de ces premières civilisations ; riz ; pour les civilisations Asiatiques, blé ; pour celle des bassins Méditerranéens et du proche -Orient (Ait Slimane, S. Ait Kaki & al., 2008). Le rôle important que les céréales ont joué dans le développement de ces civilisations tient à leur valeur énergétique (autour de 3 400 Kcal/kg de matière sèche). Une teneur en protéine proche des besoins des organismes, et leur facilité de transport et de stockage. Réservées à l'origine à l'alimentation humaine, les céréales ont vu leur usage progressivement s'étendre à l'alimentation animale et à des usages industriels (Balaid, 1986).

1.1.2. En Algérie

Dans plusieurs régions d'Algérie, les céréales représentent les ressources principales du Fallah, elles constituent la base de la nourriture des Algériens (Lerin François, 1986). Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (Feillet P., 2000).

1.1.2.1. Superficies emblavées

En Algérie, les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de six (06) millions d'hectares, chaque année trois (03) à 3,5 millions d'hectares sont emblavés, les restes étant laissés en jachère (non cultivée).

Soit, 70% est destinée particulièrement à la culture de blé, l'orge, et l'avoine n'occupent qu'une faible superficie, même quand les conditions climatiques sont favorables, la superficie récoltée est moins que celle emblavée. La majeure partie de ces emblavures se font dans les régions de : Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif, El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds et desséchants (Belaid, 1996 ; Djekoun et al., 2002).

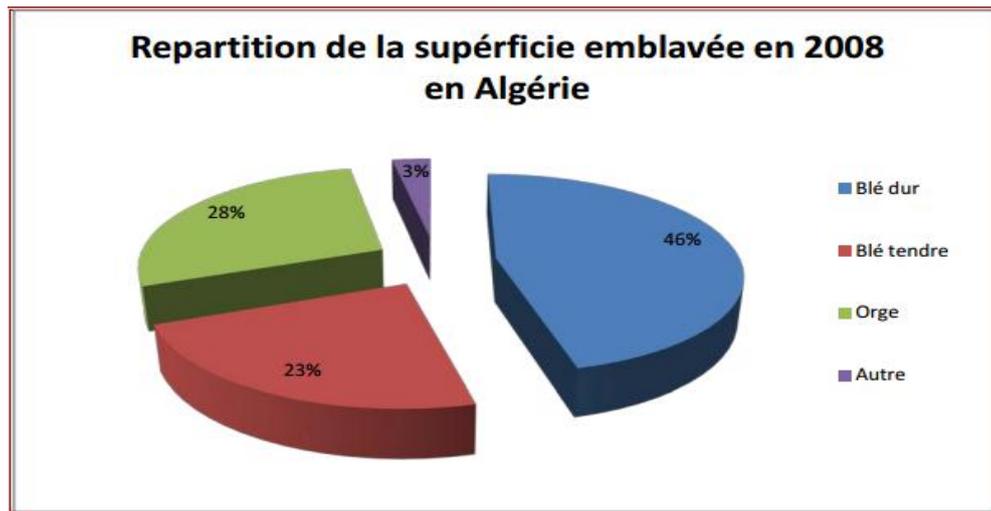


Figure N°1 : Répartition de la superficie emblavée en 2008 en Algérie. (Kallou, 2008).

1.1.2.2 Production et rendements

La production de céréales en Algérie est marquée par une forte irrégularité, elle-même conditionnée par les aléas climatiques (Figure N°1). Ainsi, sur les 40 dernières années, on enregistre un écart de 1 à 5 entre une année calamiteuse (9,7 millions de q en 1994) et une année d'abondance (52,5 millions de q en 2009) (Figure N°2). Cependant, les progrès technico-économiques, s'ils ne parviennent pas à stabiliser la production du secteur, ont permis de l'augmenter significativement.

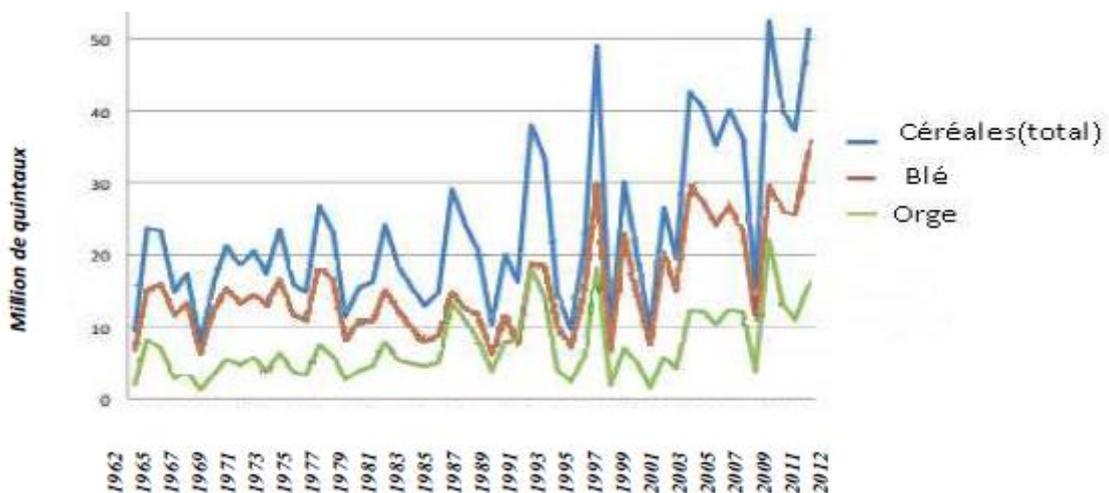


Figure. N°2 : Production céréalière en Algérie 1962/2012. (F.A.O stat, 2012)

La moyenne décennale a ainsi presque doublé entre 1981-90 (18,2 millions de q) et 2001-2010 (34,9 millions de q), avec une progression régulière qui a permis d'accompagner la progression démographique (de 19 à 38 millions d'habitants entre 1980 et 2012) (Jean-Louis & Benabderrazik, 2014).

La production moyenne de céréales des 5 dernières années (2008 à 2012), qui a légèrement dépassé 32 millions de quintaux selon la Fao, se répartit de la façon suivante :

- Blé : 19 millions de q (60%)
- Orge : 13 millions de q (40%)

La production de blé se répartit entre blé dur (70% en 2012) et blé tendre (30%), avec une importante variabilité interannuelle. Le blé dur reste ainsi la céréale prépondérante en Algérie. Généralement bien adapté aux conditions locales, sa production progresse au même rythme que celle du blé tendre (+ 47% entre les moyennes quinquennales 2000-2004 et 2008-2012), contre + 84% pour l'orge, qui reste plus importante que le blé tendre, à plus de 13 millions de quintaux en 2008-2012, contre 8 pour le blé tendre et 19 pour le blé dur (**Rastoin & Benabderrazik, 2014**). Les rendements céréaliers demeurent faibles et très irréguliers : 13,5 q/ha pour le blé (dure et tendre) en moyenne sur 2001-2010, et 13,2 pour l'orge, ce qui se situe loin derrière la productivité des pays méditerranéens de l'Europe et s'explique à la fois par des causes naturelles (sol et climat), techniques (semences, pratiques culturales) et humaine (organisation et formation des producteurs). On note par ailleurs en Algérie une forte « régionalisation » des conditions de production et donc des niveaux de récolte contrasté d'Est en Ouest, la même année (**Jean-Louis & Benabderrazik, 2014**).

2. Aperçue générale sur le blé dur (*Triticum durum*)

2.1. Généralités

2.1.1. Histoire de blé dur

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**). En effet, Il y a plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique était nomade, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressivement laissé la place à la sédentarité qui permit la culture des céréales. Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité (**Ruel, 2006**).

Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ (**Ruel, 2006**). Le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman, 2001**). Le terme blé vient probablement du gaulois blato (à l'origine du vieux français *blaie*, *blee*, *blaier*, *blaver*, d'où le verbe emblaver, qui signifie ensemer en blé) et désigne les grains qui broyés, fournissant de la farine, pour des bouillies (*polenta*), des crêpes ou du pain.

2.1.2. Origine du blé dur

Le blé est le nom commun utilisé pour l'ensemble des espèces des deux genres *Triticum* L. et *Aegilops* L. Le premier comprenant des formes cultivées domestiquées et apparentées et le deuxième regroupe seulement des espèces sauvages (**Couplan, 2002**).

Blé du latin médiéval "blada" : récolte, dérivé du francique "blad" : produit de la terre. En ancien français, le mot s'employait d'une façon générale à propos de diverses céréales dont le grain sert à l'alimentation. Selon **Couplan (2002)**, Il est devenu en France et en Suisse synonyme de froment (blé tendre).

Le blé dur est une monocotylédone de la famille des graminées. La classification du genre *Triticum* a connu plusieurs controverses. Le nombre exact d'espèces du genre *Triticum* n'est pas définitivement déterminé puisqu'il existe de nombreuses propositions de classification dont les unes considèrent certains taxons comme des espèces, alors que les autres les considèrent comme des sous-espèces (**Khalighi et al., 2008**).

2.1.3. Classification de blé dur

Le blé dur est classé selon **Prats (1960)**, **Crête (1965)** et **Feillet (2000)** comme suit :

- **Embranchement** : Angiospermes
- **Sous embranchement** : Spermaphytes
- **Classe** : Monocotylédones
- **Ordre** : Glumiflorales
- **Super ordre** : Comméliniflorales
- **Famille** : *Gramineae (Poaceae)*
- **Tribu** : *Triticeae*
- **Sous tribu** : *Triticinae*
- **Genre** : *Triticum*
- **Espèce** : *Triticum durum* Desf

2.2. Croissance et développement de blé dur

Plusieurs auteurs ont décrit que le cycle de développement du blé, en la décomposant en trois périodes. Une périodes végétatives durant laquelle, la plante ne se différencie que des feuilles et des racines ; une période reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain ,et la maturation (**Soltner, 2005**).

2.2..1. La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin de tallage.

a. La germination-levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et la date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (**Soltner, 2005**).

Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis est visible (**Gate, 1995**). Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1974**).

b. Le tallage

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à l'aisselle du maître-brin (tige principale), puis, lorsque le maître-brin a 6 feuilles au moins, des talles secondaires dont les bourgeons seront alors situés à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Le tallage herbacé s'arrête dès l'évolution de l'apex de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales (futurs épillets) qui sont suffisamment avancées (**Gate et Giban, 2003**).

1.2.2.2. La période reproductrice

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi.

a. Phase montaison

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (**Clément-Grandcourt; Prat, 1971**).

b. Phase d'épiaison et de fécondation

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la graine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation (**Soltner, 2005**). La vitesse de croissance de la plante est maximale.

Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, cette phase dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (Masle, 1980 ; Soltner, 2005).

1.2.2.3. La maturation du grain

C'est la dernière phase dans le cycle végétatif ; elle exige la chaleur et un temps sec ; elle se fera sitôt en plusieurs étapes. (1) la maturité laiteuse (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche sa fin). (2) la maturité jaune (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué) et (3) la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 20%) ; le grain est alors mur et prêt à être récolté. c'est la période des moissons (Boufnaret *al.*, 2006).

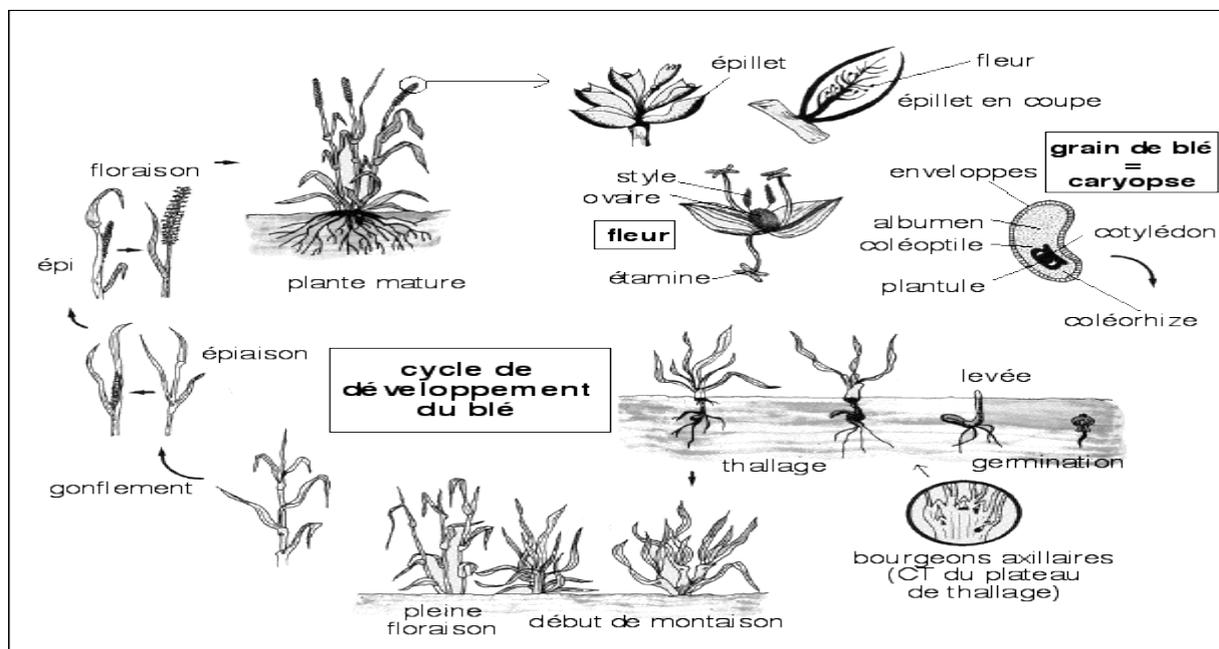


Figure.N°3 : Cycle de développement du blé (Henry et De Buyser, 2000).

2.3. Les exigences du blé dur

2.3.1. Exigences climatiques

2.3.1.1. Température

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé ; à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. l'aptitude à la moisson et aussi déterminée par les températures et la durée du jour. (Zane, 1993). Les exigences globale en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques

de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières. (**Balaid, 1986**).

2.3.1.2. L'eau

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**Soltner, 1988**). En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que le besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**).

2.3.1.3. La lumière

La lumière et le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage et garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclairéments.

2.3.2. Exigences édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meulé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (**Soltner, 1990**). Particulièrement un sol de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentant pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver. Les séquences de travail du sol à adopter doivent être fonction du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente. Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E.

3. Aperçue générale sur le blé Tendre

3.1. Généralités

3.1.1. Histoire de blé Tendre

Durant le développement de la civilisation indo-européen, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (**Henry et De Buyser, 2001**).

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (**Doussinault et al. 1992**). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (**Bonjean, 2001 in Boulal et al. 2007**).

3.1.2. L'Origine de *Triticum aestivum*

Comme les autres céréales, Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (**Feuillet, 2000**). Le blé est caractérisé par des critères morphologiques particuliers (chaume – épillet – présence de scutellum, etc) (**Bonjean et Picard, 1990**).

Le blé est composé de deux espèces ; Le blé dur *Triticum turgidum* var *durum* possédant ($2n= 4X=28$ chromosomes), dont l'aire d'extension est surtout constituée de zones arides et semi-arides (figure 1), Le blé tendre *Triticum aestivum* var *aestivum* possédant ($2n =6X= 42$ chromosomes) dont l'adaptation agro-technique est très large (**Bonjean et Picard, 1990**).

3.1.3. Classification

D'après **Chadefaud et Emberger (1960)**, **Prat (1960)** et **Feillet (2000)**, le blé tendre appartient à la classification suivante) :

- Classification** : Blé tendre
- Règne** : Plantae (Règne végétale)
- Division** : Magnoliophyta (Angiospermes)
- Classe** : Liliopsida
- S/Classe** : Comeloidae
- Ordre**: Poales
- Famille** : Poaceae (ex Graminées)
- S/Famille** : Triticeae
- Tribu** : Triticeae (Triticées)
- S/Tribu** : Triticeae
- Genre** : *Triticum*
- Espèce** : *Triticum.aestivum* L

3.2. Cycle de développement du blé tendre

Le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) est une plante annuelle herbacée, effectue son cycle évolutif en trois grandes périodes (période végétative, période reproductrice et période de maturation). Les mécanismes végétatifs et reproducteurs de blé tendre, de la germination à la maturation du grain sont identiques (Soltner, 2005)

3.2.1. La période végétative

S'étend de la germination au tallage. Cette période elle-même subdivise en trois stades principaux :

a) Phase semis-levée :

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la radicule des racines séminales et celle de la coléoptile. Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche (Heller, 1982 ; Mazliak, 1982 ; Boufenar-Zaghouane et Zaghouane, 2006). La réalisation de cette phase est sous la dépendance de facteurs propres à la semence (faculté et énergie germinatives) et de facteurs extérieurs (température et humidité du sol). Le zéro de germination de blé tendre (*Triricumaestivum L.*) est de 0C (Clément, 1981).

b) Phase levée -début tallage :

La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième jusqu'à la quatrième toutes en position alterne. Celles-ci imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone située au proche de la surface du sol appelée plateau de tallage, constituée par l'empilement d'un certain nombre d'entre nœuds et reliées à la semence par le rhizome (Clément, 1981).

c) Phase début tallage-début montaison :

Elle se caractérise par l'entrée en croissance des bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître brin. Le nombre de talles émises par plante est fonction de l'espèce, de la variété, du climat, de l'alimentation de la plante en azote et de la profondeur de semis (Soltner, 1990).

3.2.2. La période reproductrice

Selon Boufenar-Zaghouane et Zaghouane (2006), le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (stade A), ce stade marque la

transformation du bourgeon végétative en bourgeon floral. Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet : ce sont les ébauches des glumes. Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles (inférieur et supérieur), organe sexuels (étamines et stigmate) et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles différencient des ébauches d'épillet puis des pièces florales : c'est le tallage épi. Au stade gonflement, l'inflorescence monte grossissement dans les graines des différents feuilles. Ainsi, la graine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivant de quelques jours l'épiaison.

3.2.3. La période de maturation

Au cours de cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves. On observe une augmentation du volume et du poids des graines. La phase se termine par le stade laiteux (la graine s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre), ensuite le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue et la phase se termine par le stade pâteux (le grain s'écrase en formant une pâte). Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre : c'est le stade de maturation physiologique (**Boufenar- Zaghouane et Zaghouane, 2006**).

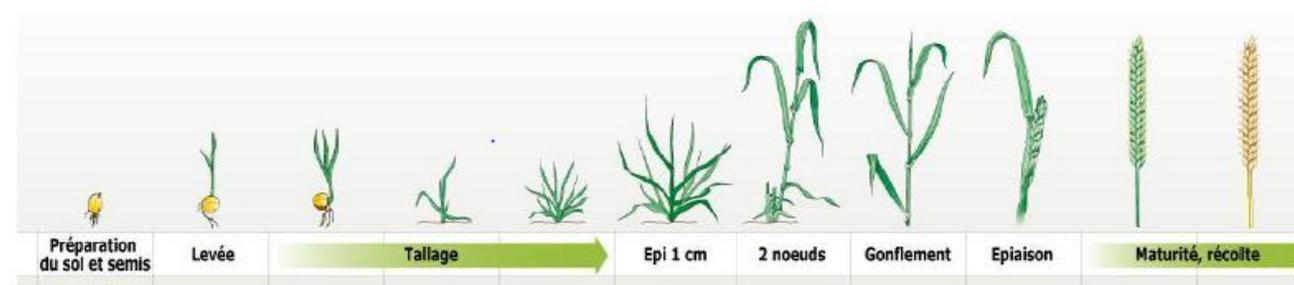


Figure N°4 : Cycle de développement de blé tendre.(web)

3.3. Les exigences du blé tendre

3.3.1. Exigences climatiques

a- Température :

La majorité des variétés peuvent supporter un gel modéré pendant l'hiver si la plante est suffisamment développée. Par contre le blé ne supporte pas les fortes températures et les déficits hydriques en fin de cycle pendant le remplissage du grain. En effet, la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 00°C (le zéro de végétation) est exigée pour la germination, cependant l'optimum de croissance se situe entre 20 et 26°C. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire à certaines

variétés dite d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (**Clément et Prats, 1970**).

b- L'eau :

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (**Soltner, 1990**), la germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. En effet, C'est durant la phase épi 1Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**). C'est pour ça que le semis est toujours recommandé en culture pluviale.

c- La lumière :

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**Soltner, 1990**). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

3.3.2. Exigences édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meulé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (**Soltner, 1990**). Particulièrement un sol de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentant pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver. Les séquences de travail du sol à adopter doivent être fonction du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente. Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E.

4. Aperçue générale sur l'orge :**4.1. Généralités****4.1.1 Histoire de l'orge**

La domestication des orges était plus ancienne que celle du blé puisque les études archéologiques effectuées en Syrie et en Iraq ont mis en évidence la présence de caryopses d'orge datant de 10.000 ans avant J-C (**Badr et al., 2000**). Ainsi, pendant l'antiquité et jusqu'au deuxième siècle avant J-C, l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du croissant fertile, d'Europe et du Bassin méditerranéen. Quant aux

pays du Maghreb son introduction s'est faite depuis le croissant fertile en passant par l'Égypte (Boulal et al., 2007).

L'orge a été domestiquée en Asie occidentale avant 7000 ans avant J-C. Sa culture s'est répandue dans l'Afrique du nord et a remonté le Nil jusqu'à atteindre l'Éthiopie, où elle est devenue l'une des céréales les plus importantes. L'orge a gagné le sud de l'Espagne vers 4000–5000 avant J-C. et elle a atteint l'Europe du Nord et centrale, ainsi que l'Inde, vers 2000–3000 avant J-C. En Chine, elle est arrivée en 1000–2000 avant J-C. Au Sahara, elle était cultivée dans les oasis en 100– 300 avant J-C. De nos jours, c'est la céréale dont l'aire de culture couvre les zones écologiques les plus diverses (Von Bothmer, 1992).

4.1.2. L'origine d'orge :

L'orge est l'une des plus anciennes céréales cultivées sur terre. Les études génétiques, incluant les analyses récentes en Biologie moléculaire confirment que l'orge cultivée actuellement a évolué à partir de *Hordeums pontaneum*L. (Nevo, 1992), espèce d'orge spontanée présente encore au Proche et Moyen-Orient qui porte des épis à deux ou six rangs (Bonjean et Picard, 1990). *Hordeum vulgare* est une espèce diploïde ($2n=14$). Elle a été l'une des premières cultures domestiquées, il y a 10 000 ans dans le croissant fertile du moyen – orient (Baik, B.-k & Ulrich, S.E).

4.1.3. Classification d' *Hordeum vulgare* :

L'orge est une monocotylédone appartenant à l'ordre des *Poales*, à la famille des *Poacées* (*Graminées*) et au genre *Hordeum* (Crete, 1965). Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (Grillot, 1959).

D'après Feillet 2000, l'orge cultivée est appartenue à la classification suivante:

- Règne : Végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiosperme
- Classe : Monocotylédones
- Ordre : Glumales.
- Famille : Poacées
- Tribu : Hordée
- Genre : Hordeum
- Espèce : *Hordeum vulgare* L

4.2. Cycle de développement de l'orge

Ces céréales ont un cycle évolutif qui se divise en trois grandes périodes (période végétative, période reproductrice et période de maturation) (Slafer et al., 2002).

4.2.1. La période végétative

a) **La germination:** correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de croissance de l'embryon.

b) **La levée:** cette période est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement (Gibanet al., 2003).

c) **Le tallage:** le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la 1ère feuille de la talle latérale puis d'autres talles naissent successivement, formant un plateau du tallage situé juste au niveau du sol. Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (Hadria., 2006).

4.2.2. La période reproductive

a) **La montaison:** ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement) (Gibanet al., 2003).

b) **L'épiaison:** est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille (Gibanet al., 2003).

c) **La floraison:** est la sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis la formation du grain se fait quand les grains du tiers moyen de l'épi parviennent à la moitié de leur développement. Ils se développent en deux stades:

- Le stade laiteux où le grain vert clair, d'un contenu laiteux atteint cette dimension définitive; (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin)
- Le stade pâteux où le grain, d'un vert jaune, s'écrase facilement. (le grain a perdu son humidité et l'amidon a été constitué).

4.2.3. La maturation

La teneur en humidité atteint environ 20%; le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

4.3. Les exigences de la culture de l'orge :

4.3.1. Exigences agronomiques :

La rapidité de croissance de la plante entraîne évidemment la nécessité pour celle-ci de trouver des conditions très favorables du point de vue climatique et alimentaire (**Clementet Prats, 1971**).

4.3.2. Exigences climatiques

a- Température

Le zéro de végétation de l'orge est comme celui du blé tendre voisin de 0°C (**Soltner, 1979**). Après un gel hivernal, les dégâts foliaires apparaissent vers -8°C et les plantes meurent vers -12°C. Sans endurcissement pour les variétés les plus sensibles, la somme de températures exigées pour l'ensemble du cycle végétatif est de 1600 à 1700°C pour l'orge de printemps (110 à 120 Jours), de 1900 à 2000°C pour l'orge d'hiver (250 jours) (**Anonyme, 1987**), les températures moyennes très élevées pendant le tallage jusqu'à la montaison provoqueraient une diminution du pourcentage des talles évoluant en épi (**Masle, Meynaed, 1980**).

b- Eau

Les besoins en eau d'une culture d'orge sont compris entre 450 à 500 mm (**Anonyme, 1987**) ils sont surtout élevés dans le début de son développement et qu'elle devient ensuite au contraire relativement peu sensible à la sécheresse, le coefficient de transpiration des orges étant en moyenne de 520 mm c'est-à-dire un peu plus élevé que pour le blé, par contre, la quantité globale d'eau absorbé par un hectare d'orge est plus faible pour le blé. (**Clement-Grandcourt, 1971**).

C- La lumière

Une certaine durée de jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B marquant la fin du tallage et le début de montaison quant à l'intensité lumineuse et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois, la résistance des tiges à la verse et le rendement (**Soltner, 1979**).

4.3.3. Exigences édaphiques

L'orge donne évidemment les meilleurs résultats dans les meilleures terres (**Clement et Prats, 1971**). Elle s'accommode mal à des sols lourdes (**Anonyme, 1970**) mais elle tire mieux parti des terres légères, peu profonds, à sous-sol calcaires (Rendzines). Elle tire encore un bon parti des terres minces et caillouteuses pauvres qu'elle dispose d'eau en assez grande quantité au début de son développement (**Clement et Prats, 1971**).

1. Les relations eau-rendement eu céréales

Chez les grandes plantes cultivées, en particulier les céréales majeures qui sont le blé, le riz et le maïs, la comparaison des rendements en conditions optimales avec ceux observés en moyenne au champ fait apparaître des écarts considérables. L'explication de ces écarts est principalement d'ordres : climatiques, agronomiques et aussi génétiques (**Ricrochet *al.*, 2011**).

En Algérie, le climat est caractérisé par l'irrégularité de la pluviosité dans le temps et dans l'espace ainsi que par une tendance vers plus d'aridité et donc un impact accru des sécheresses. Ces dernières sont considérées comme les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales (**Hassani *et al.*, 2008**). Ces variations annuelles des conditions climatiques sont souvent un frein à toute action d'amélioration.

Une plante utilise la majeure partie de l'eau qu'elle absorbe pour dissiper l'énergie solaire qu'elle n'utilise pas pour la photosynthèse. Ainsi les besoins en eau d'une culture sont directement liés au climat. Si, par manque d'eau, la température de la plante s'élève et devient supérieure à celle de l'air, l'énergie est alors dissipée par convection à la manière d'une plaque chauffante. La réponse de la plante au stress hydrique est complexe car elle dépend à la fois de la sévérité du stress, de la durée du stress, de la phase de développement et de l'état dans lequel se trouvait la plante quand le stress a eu lieu (**Aidaoui, 1994**).

1.1. Les besoins en eau d'une céréale

L'irrigation des céréales constitue une solution pour assurer l'amélioration et la stabilité des rendements. Les besoins en eau des céréales dépendent des conditions climatiques, de la nature du sol et aussi des stades critiques au déficit hydrique qu'impliquent une meilleure gestion de l'irrigation. En Algérie, la meilleure période d'irrigation se situe généralement durant la phase allant de la montaison au début de la formation du grain. Durant cette phase, les besoins en eau de la céréale sont relativement importants où la culture est très sensible au stress hydrique (**Belaid, 1996**).

Dans les zones semi-arides des hauts plateaux ont montré qu'une seule irrigation de 80 mm au stade épiaison était suffisante pour atteindre des gains de rendement de l'ordre de 70 à 81 % en fonction des espèces (**Belaid, 1996**).

1.1.1. Les besoins en eau du blé dur

Les exigences en eau des cultures sont définies comme la lame d'eau nécessaire pour satisfaire l'évapotranspiration (**Derrembos et Pruitt, 1977**). Les besoins sont évalués à partir de la demande climatique et le coefficient cultural (**Tiercelin, 1998**). Les besoins du blé sont

globalement situe entre 550 à 600 mm. Le blé a besoin de 4 à 5 mm par jour à la montaison, période qui voit s'élaborer une composante principale pour le rendement (**Moule, 1980**)

Les besoins en eau de la culture du blé varient suivant les phases du blé. La répartition de cette consommation en eau présente lors du colloque organisé par **Arvalis, et selon Bonnefoy et Moynier (2014)** comme suit :

- Durant la phase (épis 1 cm – 2 nœuds), d'une durée de 20 à 25 jours, elle est de 60 mm
- Durant la phase (2 nœuds - floraison), d'une durée de 30 à 40 jours, elle est de 160 mm
- Durant la phase (floraison – grain laiteux), d'une durée de 20 à 25 jours, elle est de 140 mm
- Durant la phase (grain laiteux - maturité), d'une durée de 15 à 20 jours, elle est de 90 mm

Sur la base d'une étude sur l'évaluation des besoins en eau de trois cultivars de blé dur dans la région du Cheliff, il ressort que les besoins en eau du blé prennent de l'ampleur à partir du mois de mars, qu'elle que soit l'année climatique, la valeur maximale du coefficient culturale est atteinte au mois d'Avril (**Bouthiba et Debaeke, 2009**)

Selon **Musick et al (1994)**, les différents recherches ont montré que pour le blé, la production maximale en grain nécessite une consommation située entre 200 à 210 mm. (**Merouche**)

1.1.2. Les besoins en eau du blé Tendre

Le blé peut être considéré comme une plante ayant de faibles exigences en eau, pour qu'il puisse germer; les semences doivent assimiler une quantité d'eau égale au moins à 50% de leurs poids en matière sèche; c'est-à-dire pour élaborer 1 g de matière sèche, il faut environ 500g d'eau. Pour assurer un développement normal du blé l'humidité du sol ne doit pas être inférieure à 30% de l'humidité de saturation. Les besoins maximaux en eau du blé se situent pendant la montaison et pendant les quatre semaines qui suivent l'épiaison (**Halet M, 1980**).

En Algérie l'humidité nécessaire pour le développement du blé est en principe à partir d'octobre jusqu'à la fin du mois de mars. Vu son système racinaire très bien développé (plus de 2m de profondeur), le blé peut être s'approvisionner en eau dans les couches profondes. Cependant l'humidité des couches superficielles est d'une importance primordiale pour la

réussite de la culture car dans ces couches que se trouvent les matières minérales nécessaires (Anonyme, 1971).

1.3.3. Les besoins en eau de l'orge

L'orge est une culture résistante à la sécheresse. Les semences commencent à germer après avoir assimilé une quantité une quantité d'eau égale à 5 0 0 10 de leur poids sec Dans un sol sec une humidité de 20 mm est nécessaire pour que la germination et la levée soient normales. Si l'humidité est inférieure à la limite citée, la germination ne peut pas avoir lieu et les semences restent longtemps dans le sol en attendant les pluies d'automne. On estime que l'humidité optimale correspond à une humidité égale de +50 à 100 mm d'eau.

Par rapport au blé, l'orge est plus résistante à la sécheresse et peut réussir dans les zones les plus difficiles pour les céréales en Algérie (Anonyme, 1971).

1.2. La sécheresse et le stress hydrique

1.2.1. La sécheresse

La sécheresse est définie avant tout comme un déficit hydrique marqué, dont l'origine se trouve essentiellement dans la faiblesse des précipitations sur une période prolongée par rapport à la moyenne des apports observés sur cette période. Ce manque de pluie a une incidence directe sur la végétation cultivée : on parle alors de sécheresse agricole ou édaphique (liée à la réserve en eau du sol). Il réduit l'alimentation des différents compartiments du bassin versant (surface, sol, sous-sol...) : on parle de sécheresse hydrologique pour un déficit d'écoulement dans les cours d'eau et de sécheresse phréatique pour un déficit dans les nappes. La gravité de ce manque de pluie est fonction à la fois de l'ampleur du déficit et de la longueur de la période de déficit. Les indicateurs peuvent être multiples, avec en premier lieu des déficits pluviométriques, mais également des débits faibles dans les cours d'eau, des niveaux bas des nappes phréatiques, des situations prolongées de stress hydrique de la végétation, ces différents indicateurs étant généralement liés (Debaeke, 2003).

a) Types de sécheresse :

Il existe trois types de sécheresse : la sécheresse météorologique, la sécheresse agricole et la sécheresse hydrologique. La sécheresse météorologique renvoie à un manque de précipitations dans la durée. La sécheresse agricole se produit lorsque l'humidité du sol est insuffisante pour subvenir aux besoins des cultures, des pâturages et des espèces des parcours. On parle de sécheresse hydrologique lorsque des niveaux d'eau inférieurs à la moyenne dans

les lacs, les réservoirs, les fleuves, les cours d'eau et les eaux souterraines ont un impact sur les activités non agricoles comme le tourisme, les loisirs, la consommation d'eau en zones urbaines, la production d'énergie et la conservation des écosystèmes (**Wilhite et Buchanan-Smith, 2005**).

1.2.2. Stress hydrique

Le manque d'eau, déficit hydrique ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère, auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi- arides (**Chennafi et al., 2006**).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (**Laberche, 2004**). La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (**Laberche, 2004**). L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (**Slama et al., 2005**).

1.2.3. L'effet de stress hydrique sur les céréales

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**). Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalière dans les zones arides et semi-arides (**El mourid et al., 1996**) qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (**Boutifirasset et al., 1994**). Le climat méditerranéen est caractérisé par des périodes de sécheresse erratiques imprévisibles, ce qui limite considérablement les productions végétales et celle des céréales en particulier (**Adda et al., 2005**). Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde.

En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales (**Chourghal, 2016**).

L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**Yokota et al., 2006**). Chez le blé dur, le déficit en eau affect son développement et ralenti son taux de croissance, ceci engendre un

faible tallage, une réduction de la surface foliaire (**Legg et al., 1979**), ceci se traduit par réduction de biomasse finale (**Villegas et al., 2001**).

La répercussion du déficit hydrique se traduit par la diminution de la matière sèche durant la période végétative et reproductrice et par conséquent diminue les rendements (**Tanner et Sinclair., 1983**). Le déficit hydrique n'affecte pas seulement la partie aérienne, mais la partie racinaire prend aussi sa place. La répercussion se traduit par ralentissement de la croissance du système racinaire (**Benlaribi et al., 1990**). Le blé dur met en place un système racinaire très développé dans le cas d'un déficit hydrique, ce qui a une conséquence sur les produits photosynthèse qui seront détournés la production de grains (**Baldy, 1973**). Selon **Meyeret Alston (1978)**, le rendement du blé dépend essentiellement à la configuration du système racinaire et la disponibilité en eau. Le déficit hydrique peut affecter la durée des stades de croissance, en effet la durée du cycle de semis à l'anthesis se raccourcit au fur et à mesure qu'augmente le déficit hydrique, particulièrement le stade de la floraison qui se manifeste par sa diminution (**Garcia del moral et al., 2003 ; Magrin, 1990**).

1. Présentation des zones d'études

1.1. La région de Sétif

1.1.1. Localisation

La wilaya de Sétif se situe dans les hautes plaines de l'Est algérien. Elle occupe une position centrale et constitue un carrefour entouré de 6 wilayas. Au Nord, elle est limitée par les wilayat de Bejaia et de Jijel, à l'Est par la wilaya de Mila, au Sud par les wilayat de Batna et M'sila et à l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou-Arredj (figure 5). Elle est composée de 60 communes réparties en 20 daïrates. Son altitude est comprise entre 900 et 2000 m (**Chacha, 2011**).

La wilaya de Sétif est une région à vocation agricole. Elle a été depuis longtemps une région propice à la culture traditionnelle des céréales et à l'élevage ovin. Cette wilaya s'étend sur une superficie de 6504 km², Le relief est relativement accidenté dans sa partie Nord, dominé par les montagnes boisées; il est plutôt plat dans ses parties centrale et celle du Sud où émergent quelques mamelons dénudés (**Bouzerzour et al, 2006**).

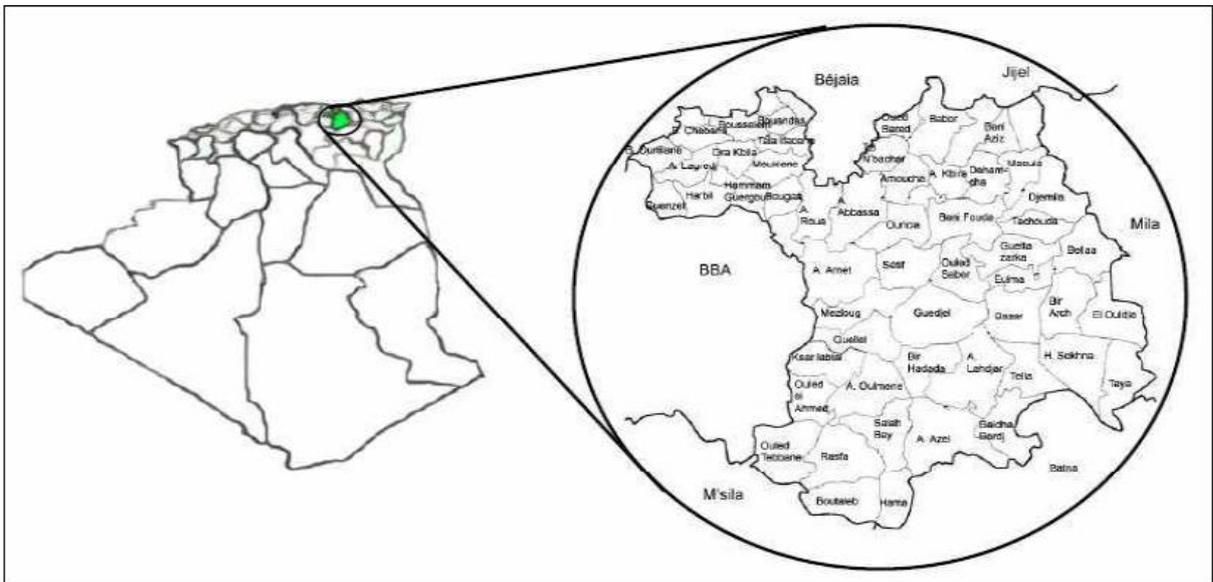


Figure N°5: Localisation de la région de Sétif en Algérie. (*Source : DSA de Sétif, 2011*).

1.1.2. Le sol

Selon **Lahmar et al. (1993)**, les sols de la région de Sétif sont dans leurs grandes majorités carbonatés. La partie Nord est couverte par des sols calcaires alors que dans la région des hautes plaines les sols sont de type calcique, riche en argile et pauvre en humus dans la frange Nord, et deviennent caillouteux dans la frange Sud. En outre, les sols salés se trouvent dans les dépressions (chotts) de la région Sud-est. Bien que les sols hydromorphes ont une extension très limitée dans la région, leur présence est signalée uniquement dans les prairies et les lits d'oueds.

La zone montagneuse : dans sa grande partie, elle est couverte par des sols calcaires et des sols alluviaux.

La zone des hautes plaines : dans cette région, on rencontre surtout des sols calciques et calcaires dont la qualité est variable d'un lieu à un autre ; les uns sont riches en argiles mais moins pourvus en humus au Nord.

Vers le Sud, les sols s'amincissent et deviennent caillouteux, dans la frange Sud et Sud-est, les sols sont salins au voisinage des chotts et des sebkhas.

1.1.3. Le climat

L'orientation du relief est particulièrement lourde de conséquence dans le domaine climatique. Elle provoque le blocage des influences maritimes d'autant plus que Sétif se trouve à moins de 100 km à vol d'oiseau de la mer Méditerranée. Ainsi, la wilaya se caractérise par un climat continental semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers rigoureux.

a) Pluviométrie

Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l'espace. Les monts de Babor sont les plus arrosés avec 700 mm par an. La quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines. Par contre, la zone Sud et Sud-est sont les moins arrosées ; les précipitations ne dépassant pas les 300 mm. Les températures moyennes varient selon la saison (figure 6).

b) Température

Selon (**Debeche, 2010**), l'examen de l'évolution des températures moyennes durant les 25 dernières années dans la zone des hautes plaines montre que le mois de janvier est le plus froid alors que le mois de juillet est le plus chaud (26,07 C°). Aussi, il est noté que la région de Sétif est caractérisée par la longueur de la période de gelée qui peut aller jusqu'à 45 jours par an et des vents de sirocco pendant la saison estivale. Enfin, les vents sont variables avec

une prépondérance des vents Ouest et Nord-ouest pendant l'hiver, le sirocco se manifeste pendant l'été avec des effets néfastes sur les céréales.

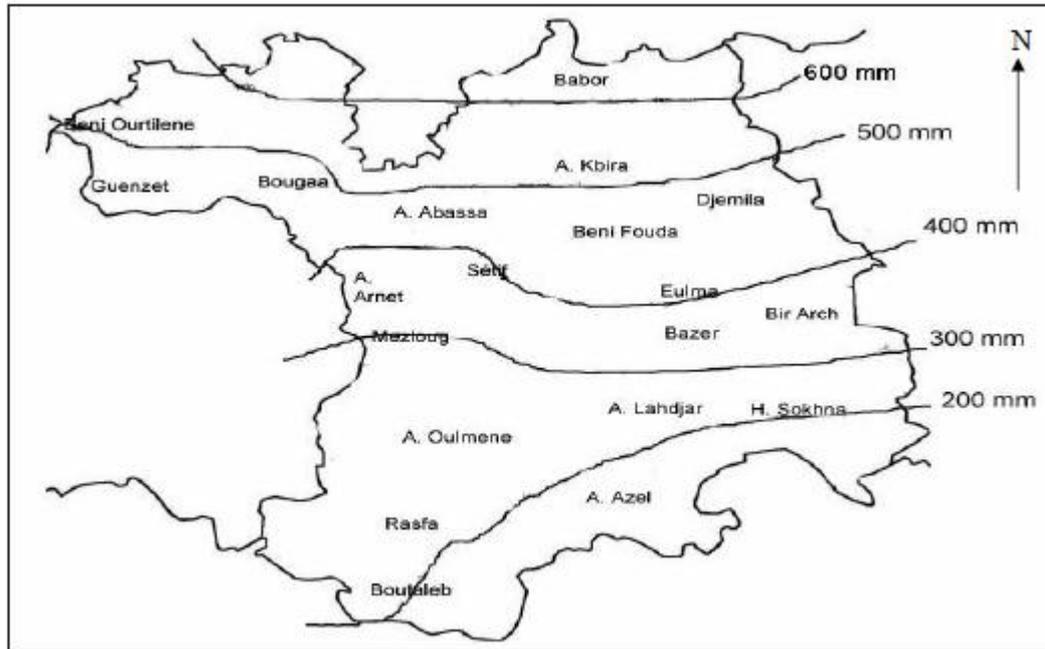


Figure N° 6: Répartition des niveaux de précipitations dans la région d'étude. (*Source : DSA de Sétif, 2011*).

1.2. La région de M'sila :

1.2.1. Localisation

La wilaya de M'Sila est située à 250 Km au sud-est d'Alger. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Bouira, Borj-Bou-Arrierij et Sétif, à l'Est par les wilayas de Batna et Biskra, au Sud par les wilayas de Biskra et Djelfa, et à l'Ouest par les wilayas de Djelfa et Médéa (figure N°7). La wilaya est constituée de 47 communes regroupées en 15 daïras. Sa superficie totale est de 18 175 Km², soit 0,76 % du territoire national.

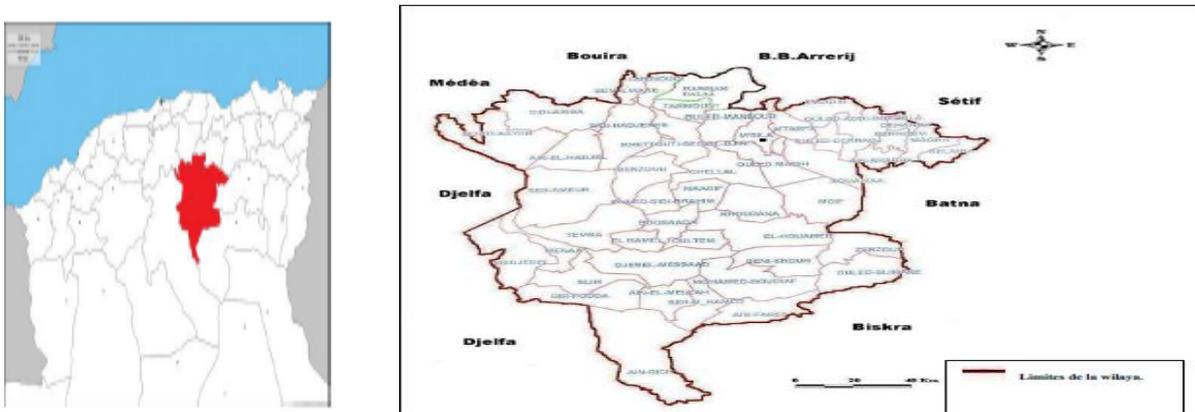


Figure N°7 : Circonscriptions administratives de la wilaya de M'Sila. (*Source : Wilaya de M'Sila, 2011*).

1.2.2. Le sol

Du Nord au Sud, les grandes zones pédologiques se caractérisent par (D.S.A., 2008) :

- Une zone de montagne xérique avec des reliefs qui dépassent parfois 1 900 m. Les sols sont des minéraux bruts d'érosion en association avec des sols bruns calcaires. Ils ne sont pas aptes à l'agriculture compte tenu de leur faible profondeur et leur relief et sont destinés beaucoup plus au reboisement. Néanmoins, il existe des dépressions avec des sols profonds bien structurés qui peuvent être exploités pour les cultures arboricoles, maraîchères, céréalières et cultures industrielles ;

- Une zone steppique de dépôts quaternaires anciens et moyens avec des reliefs compris entre 400 et 1 000 m d'altitude avec succession de glacis à composition granulométrique et chimique différentes. Les sols sont de groupe sierozems sur croûte calcaire à encroûtement et à nodules calcaires. On trouve également des sols gypseux, minéraux bruts d'érosion et peu évolués ;

- Une zone steppique de dépôts alluviaux récents avec des passages plats et une altitude de 400 à 500 m. les sols sont surtout peu évolués, d'apport alluvial en différents degrés affectés par des sels ;

- Une zone sub-désertique sableuse avec des dunes de sable. Elle est située au sud du chott El Hodna avec une altitude de 400 à 600 m, et des microreliefs ondulés dus à la présence de dunes et de sebkhas. On rencontre deux types de sols : l'un à texture minérale, il est le plus répandu, l'autre à texture moyenne ou variable en profondeur ;

- Une zone sub-désertique sablo-caillouteuse qui comprend la partie septentrionale de l'atlas saharien. Les reliefs sont compris entre 600 et 1000 m, avec de nombreux cônes et glacis d'accumulation à matériaux grossiers. Les sols dominants sont de types minéraux bruts d'érosion sur croûte et encroûtement, ils ne sont pas recommandés pour l'agriculture, mais plutôt pour le pâturage. Il existe aussi des sols peu évolués ou sierozems à nodules calcaires qui peuvent être utilisés pour les cultures en irrigué.

Ainsi, la moitié des terres de la S.A.T de la wilaya est composée de sols squelettiques, sensibles à la dégradation et qui ne sont pas aptes à l'agriculture. Sauf au niveau des dépressions et dayas.

1.2.3. Le climat

Le climat de la région de M'Sila est un climat de type continental, il est caractérisé par un été sec, très chaud et un hiver très froid. Les données climatiques exploitées sont issues de la station météorologique de M'Sila.

a) Pluviomètre

La figure N°8 montre que la région est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière. Les mois les plus pluvieux sont respectivement mai, septembre et octobre. La quantité annuelle des pluies varie de 105 mm à 348 mm, et la moyenne annuelle est de **206,9 mm** (figure N°9). La pluviométrie moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de mai (34 mm) et la plus basse est enregistrée durant le mois de juillet (7,33 mm).

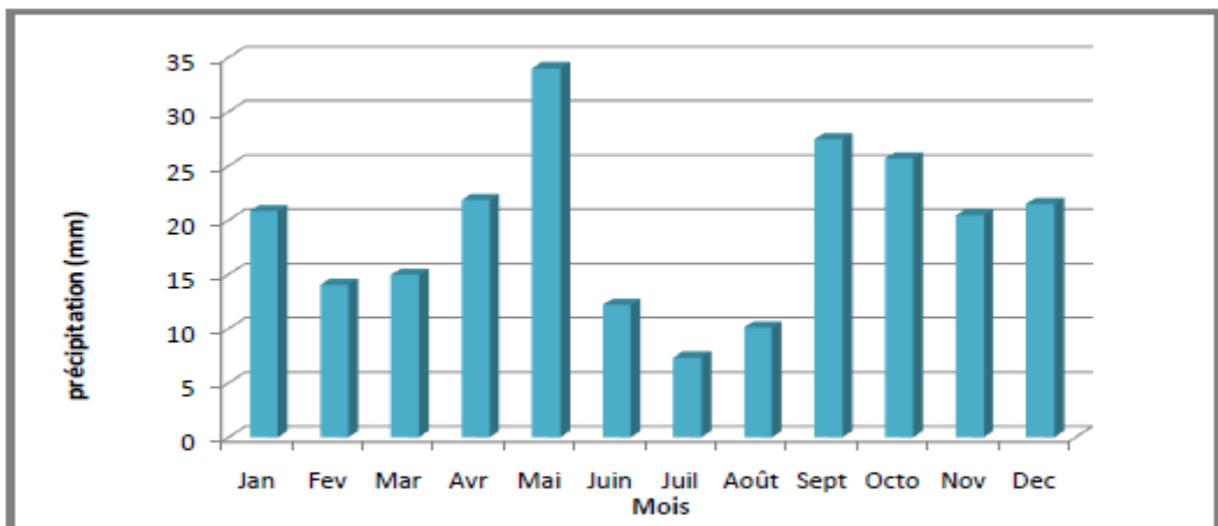


Figure N°8: Variations mensuelles des précipitations (mm) (1988-2008). (*Source : Station météorologique M'Sila, 2008*).

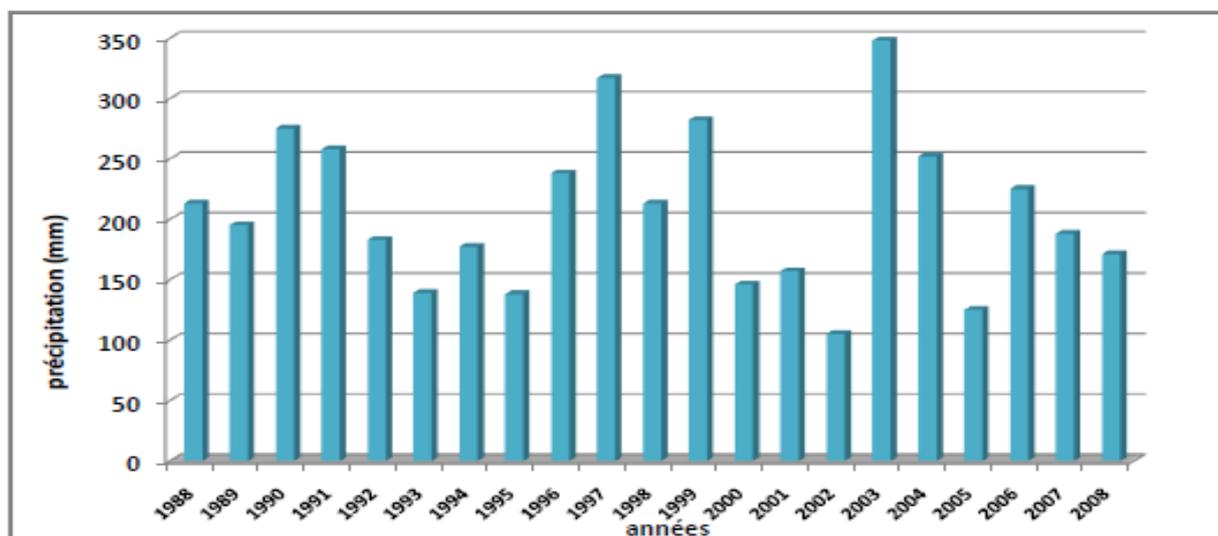


Figure N°9: Variations annuelles des précipitations (mm) (1988-2008). (*Source : Station météorologique M'Sila, 2008*).

Le diagramme ombrothermique (figure N°10) établi à partir du système de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) montre que la saison sèche s'étale presque sur toute l'année. Elle débute du mois de février jusqu'à fin novembre (un mois est considéré comme étant sec si la pluviosité (mm) est égale ou inférieure au double de sa température moyenne mensuelle).

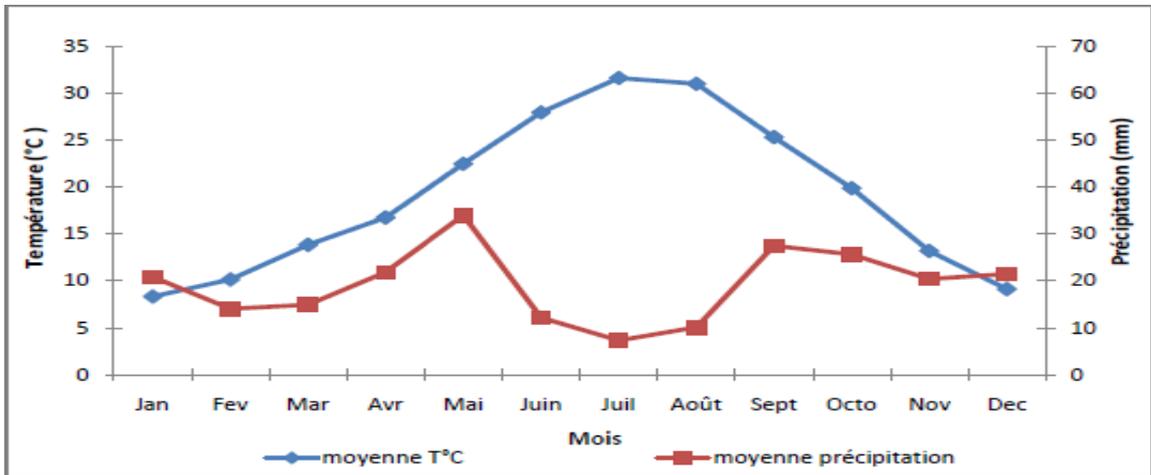


Figure N°10: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1988-2008) de la région de M'Sila. (Source : Station météorologique M'Sila, 2008)

b) La température

Les températures estivales les plus élevées sont celles des mois de juillet et août. Le mois le plus chaud est juillet (31,62 °C). Les températures hivernales les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre et janvier. La température moyenne mensuelle la plus basse est celle du mois de janvier (8,34°C). La température moyenne des maxima varie de 18,85°C (janvier) à 43,11°C (juillet), et celle des minima varie entre - 1,48°C (janvier) à 18,96°C (juillet) (figure N°11).

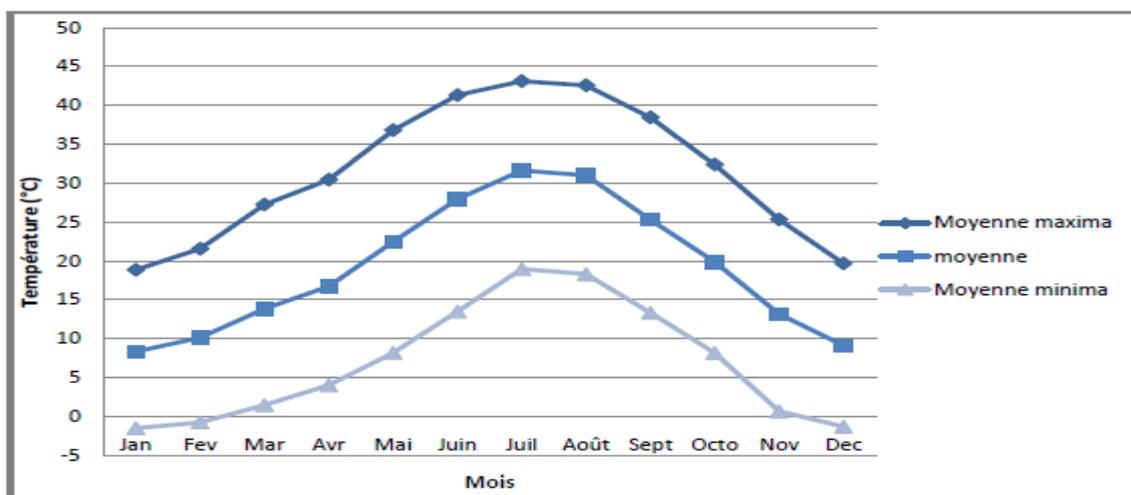


Figure N°11: Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes, des maxima, et des minima en °C (1988-2008). (Source : Station météorologique M'Sila, 2008).

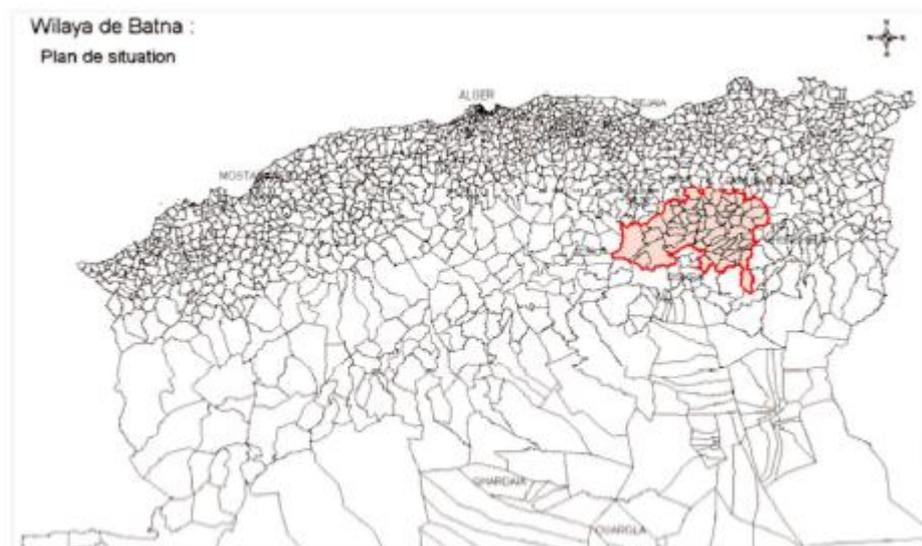
1.3. La région de Batna

1.3.1. Localisation

Située dans les Aurès, la Wilaya de Batna se trouve localisée dans la partie orientale du pays (Nord-Est) entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord. Elle se situe à 425 km au Sud-Est d'Alger à la croisée de Biskra, Sétif, Constantine et Tébessa.

Géographiquement, elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas d'Oum El Bouaghi, Mila et Sétif.
- A l'Est par la wilaya de Khenchela.
- Au Sud par la wilaya de Biskra.
- A l'Ouest par la wilaya de M'Sila



FigureN° 12 : Situation géographique de la wilaya de Batna. (*Source : Monographie de la Wilaya de Batna, 200*)

Administrativement, elle est composée de 23 Daïra et de 61 Communes. La commune de Batna qui s'étend sur une superficie de 116, 41 Km² est la capitale administrative de la wilaya et la commune la plus peuplée.

1.3.3. Le sol

La wilaya de Batna dispose d'un potentiel sol très important, son territoire couvre une superficie de 12.038,76 km² dont 62% sont affectés à l'agriculture, 26% représentent le domaine forestier et 20% constituent les terrains de parcours. Le territoire de la wilaya est réparti en trois zones homogènes :

-La zone des hautes plaines telliennes du Nord qui correspond à un alignement de petits bassins dont les altitudes varient entre 800 et 950 m en moyenne et les pentes ne

dépassent pas les 3 %. Elle est limitée au Sud par le massif des Aurès, à l'Ouest par les monts de Bellezma et à l'Est par les monts de Bouarif. Cette zone occupe une superficie de 3279,84 Km² soit 27% du territoire de la wilaya, destinée aux cultures céréales et maraichères.

-La zone des montagnes et vallées du Sud-Est et du Sud, est subdivisée en deux sous-zones selon la vocation de chacune. L'une représente les montagnes et les versants où les altitudes sont très importantes allant de 750 à plus de 2926 m dans le Djebel Chélia. Les sommets de montagnes et les versants aux pentes fortes présentent les domaines des forêts, où la pratique agricole est très difficile, cependant l'agriculture est localisée principalement sur les piémonts. Et l'autre regroupe les vallées et les plaines présentant un ensemble de cuvettes ou petites plaines qui se localisent le long des cours d'eau. Ces vallées et plaines présentent des sols alluviaux à haut potentiel agronomique. Cette zone occupe une superficie de 4961,01Km² soit 42% du territoire de la wilaya, destinée à la sylviculture et à l'arboriculture fruitière (abricotier, pommier).

-La zone des hautes plaines steppiques occidentales à climat aride et à potentialités agronomiques limitées, d'où on distingue les montagnes du Hodna représentés par les monts du Hodna au Nord, Bellezma et Djebel Metlili à l'Est et les versants Nord des monts du ZAB au Sud. Ces montagnes sont essentiellement forestières où prédominent les cultures extensives avec l'élevage. La Plaine du Hodna qui offre plus de potentialités agricoles est dominée essentiellement par les cultures extensives avec une grande part réservée à la jachère associée à l'élevage. Le Chott du Hodna est à climat saharien, où aucune activité agropastorale n'existe. Cette zone occupe une superficie de 3764,36 Km² soit 31% du territoire.

II.1.3.2. Le climat

En ce qui concerne le climat, Batna est caractérisée par un régime bioclimatique semi-aride. En fonction de la variation qui caractérise son relief, l'analyse climatique fait ressortir trois différents secteurs de pluviosité, il s'agit du secteur humide qui reçoit des précipitations oscillant entre 900 et 1200 mm/an et correspond aux montagnes et aux sommets dépassant 1800 mètres. Le secteur aux précipitations moyennes qui reçoit des précipitations oscillant entre 400 et 800 mm/an et correspond au versant Nord du massif, il s'étale loin vers l'Ouest pour inclure le Djebel Ich Ali et toute la forêt de Sgag dont les sommets culminent à 1809 et 2009 mètres.

Le secteur sec reçoit des précipitations oscillant entre 200 et 400mm/an, il se répartit à l'Ouest et au Sud du massif et englobe l'ensemble de la forêt des BeniImlouil.

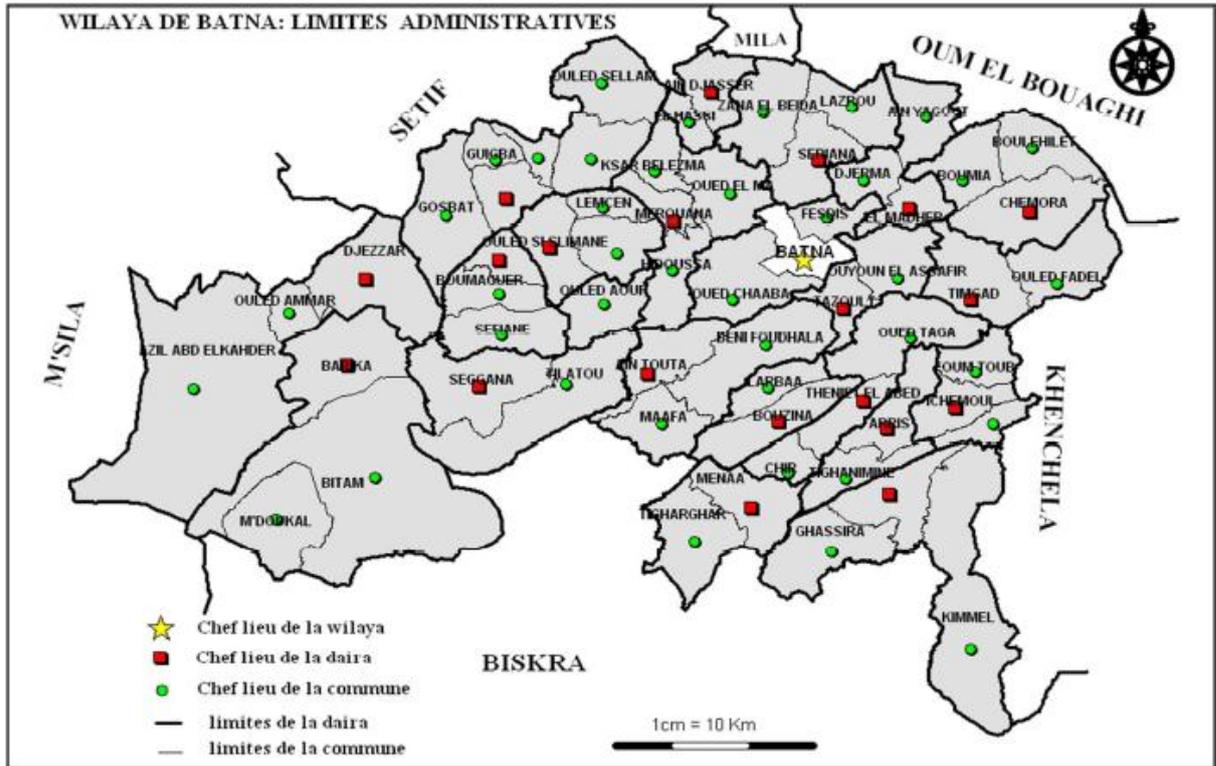


Figure N° 13 : Les limites administratives de la wilaya de Batna. *Source (Monographie de la Wilaya de Batna, (2009)).*

a) La pluviométrie

En effet, la pluviométrie moyenne enregistrée en 2009 est de 349,8 mm, alors que la neige, très rare ces dernières années, ne fait son apparition que pendant quelques jours seulement (la durée annuelle d'enneigement croit très vite en altitude).

b) La température

La température, durant l'été, peut atteindre les 45°C à l'ombre, et peut descendre jusqu'en dessous du zéro la nuit pendant l'hiver avec souvent des gelées.

Le tableau suivant présente les données climatiques (températures, précipitations, humidité relative) moyennes mensuelles enregistrées en 2009 d'après la station de Batna-Aéroport (Altitude : 821.29 mètres ; Latitude : 35° 45' Nord ; Longitude : 06° 19').

Tableau. 01 : Données climatiques moyennes mensuelles enregistrées en 2009. *(Source : Monographie de la Wilaya de Batna, 2009).*

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jlt	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuelles
Températures (°C)	6,2	6	9,1	11	18	24	29	26,6	20,4	15	10,8	9,4	15,4
Précipitations (mm)	67,9	21,4	27,9	75,1	53,3	0,3	7,3	13,9	50,4	22,9	4,0	5,4	349,8
Humidité Relative (%)	77	65	65	67	62	43	36	45	67	67	59	63	59,7

2. Les sources de données

2.1. Les données climatiques

Huit années de données de précipitations mensuelles ont été collectées à partir des stations météorologiques concernées par l'étude.

La série climatique s'étend de 2010 à 2018 pour nos trois régions d'études à savoir ; Sétif, M'sila et Batna.

2.2. Les données de rendement

L'institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), qui dispose de stations expérimentales sur l'ensemble des aires de production des grandes cultures, et la direction des services agricole ont accepté de nous fournir les séries des rendements observés pour les trois zones d'études. L'historique de rendement disponible dans les archives est cependant court et ne couvre quelque année des séries climatiques observées des trois régions. Nous avons pu collecter huit années (2010-2018) pour représenter les trois wilayas.

3. Etude de la relation précipitation-rendement

Pour chaque région nous avons élaboré les droites de régression entre le rendement et différentes composantes de la précipitation à savoir :

- Précipitation sur le cycle
- Précipitation sur la période végétative
- Précipitation sur la période reproductive

Par simple addition des valeurs de la précipitation mensuelle.

La méthode repose sur l'analyse de deux paramètres :

3.1. Les paramètres du droit de régressions

Une régression est l'expression de la relation existant entre une variable observée (Y_0) et simulée (Y_s). Cette relation peut être linéaire ou non. Dans le cas du modèle linéaire l'équation de régression s'écrit : $Y_s = a + bY_0$

3.2. Le coefficient de régression(R^2)

Lors de l'établissement d'une équation de régression, le coefficient de détermination(R^2) indique à quel point l'équation de régression est adaptée pour écrire la distribution des points.

Cela se traduit de manière graphique de la façon suivante : plus le coefficient de détermination se rapproche de 0, plus le nuage de point est diffus autour de la droite de régression. Au contraire, plus le R^2 tend vers 1, plus l'ennuage de point se rapproche de la droite de régression. Quand les points sont exactement alignés sur la droite de régression, $R^2=1$ (Chourghal, 2016).

1. Analyse des précipitations durant la période d'étude

1.1. Précipitation cumulée sur le cycle

Le tableau 2, indique les caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur le cycle pour les trois régions d'études.

Tableau N°2 : Caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur le cycle pour les trois régions d'études.

Région	Sétif	Batna	M'sila
Précipitation (mm)	326,6±82,1	275,9±91,3	171,9±27,7

La précipitation moyenne cumulée sur le cycle calculée sur la période 2010-2018 est de 326,6 mm à Sétif avec un écart type de 82,1. A Batna elle est de de 275,9 mm avec un écart type de 91,3. La zone de M'Sila est caractérisée par les valeurs de la précipitation moyenne cumulée sur le cycle et de son écart type les plus faibles.

La figure 14, indique que la précipitation moyenne cumulée sur le cycle de culture à Sétif évolue entre la valeur maximum de 40,68mm(compagne 2013/2014) et la valeur minimum de 16,45mm (compagne 2017/2018).A M'sila elle évolue entre la valeur maximum de 212,2 mm (compagne 2010/2011) et la valeur minimum de 132,5 mm (compagne 2017/2018).A Batna les valeurs maximum et minimum de cette composante sont 443,1 mm (compagne 2010/2011) et 129,7mm (compagne 2016/2017).

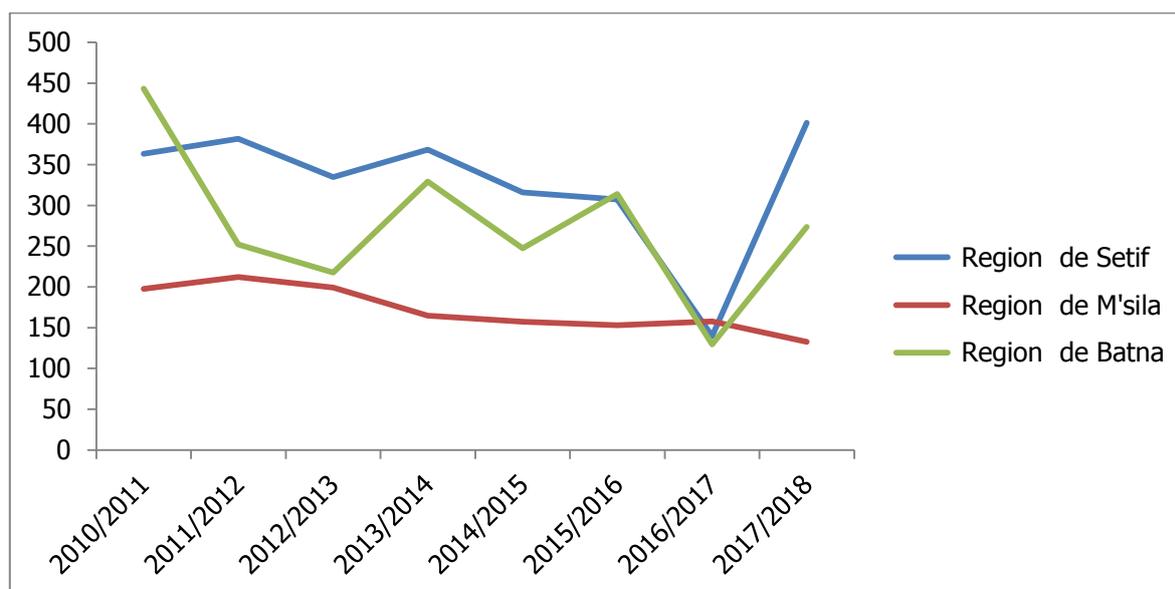


Figure N° 14 : Précipitation cumulée sur le cycle de culture dans trois régions d'études.

1.2. Précipitation cumulée durant la période végétative

Le tableau 3, indique les caractéristiques statistiques des précipitations moyennes cumulées sur la période végétative pour les trois régions d'études.

Tableau N°3 : caractéristiques statistiques des précipitations moyennes sur la période végétative pour les trois régions d'études.

Région	Sétif	Batna	M'sila
Précipitation (mm)	153,4±28,9	153,8 ±26,7	99,7±31,2

La précipitation cumulée sur la période végétative est presque égale dans les régions de Batna et Sétif (respectivement 153.4mm et 153.8 mm). Les écarts types ne sont pas non plus très différent. Ce ci témoigne leurs appartenance au même étage bioclimatique.

A l'inverse la valeur de cette composante de la précipitation est assez faible à M'Sila (99.7 mm) avec un écart type plus élevé, du fait du climat plus aride caractérisant la région.

La figure 15, indique que la précipitation cumulée sur période végétative évolue entre la valeur maximum de 196,6 mm (compagne 2013/2014) et la valeur minimum de 110,7mm (compagne 2016/2017) dans la région de Sétif. A Batna cette composante varie entre la valeur maximum de 187 mm (compagne 2014/2015) et la valeur minimum de 84,4mm (compagne 2017/2018).

A M'sila la précipitation cumulée sur période végétative évolue entre la valeur maximum de 150,9 mm (compagne 2011/2012) et la valeur minimum de 53,2 (mm) (compagne 2017/2018).

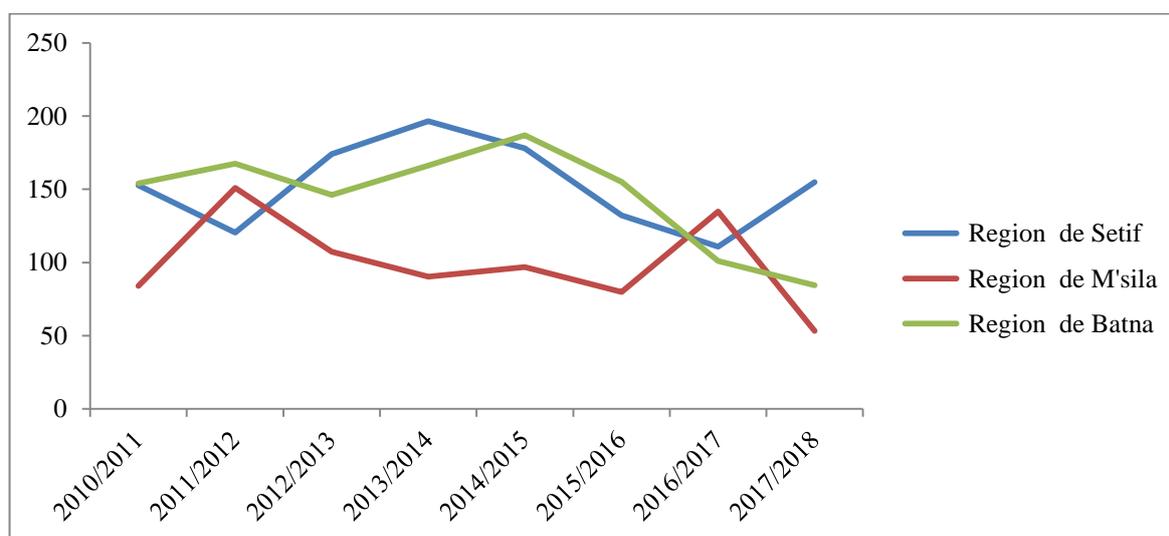


Figure N° 15 : Précipitation cumulée sur la période végétative dans les trois régions d'études.

1.3. Précipitation cumulée durant la période reproductrice

Le tableau 4, indique les caractéristiques statistiques des précipitations moyennes cumulées sur la période reproductrice dans les trois régions d'études durant la période 2010-2018.

Tableau N°4 : Caractéristiques statistiques des précipitations moyennes cumulées sur la période reproductrice dans les trois régions d'études.

Région	Sétif	Batna	M'sila
Précipitation (mm)	174,2±72,5	122,3 ± 88,9	72,2±24,6

Dans la région de Sétif, la valeur moyenne de la précipitation cumulée sur la période reproductrice calculée sur la période 2010-2018 est de 174,2 mm avec un écart type de 72,5. Elle est de 122,3 mm avec un écart type de 88,9 à Batna. Cette composante prend la plus faible valeur à M'Sila (72,2 mm) avec un écart type de 24,6.

La figure 16, indique que la précipitation cumulée sur le cycle de culture évolue entre la valeur maximum de 261,6 mm (compagne 2011/2012) et la valeur minimum de 28,92mm (compagne 2016/2017) dans la région de Sétif. A Batna cette composante prend la valeur maximum de 289,1 mm (compagne 2010/2011) et la valeur minimum de 28,7 mm (compagne 2017/2018). A M'sila la précipitation cumulée sur la période reproductrice évolue entre la valeur maximum de 113,7mm (compagne 2010/2011) et la valeur minimum de 22,9mm (compagne 2016/2017).

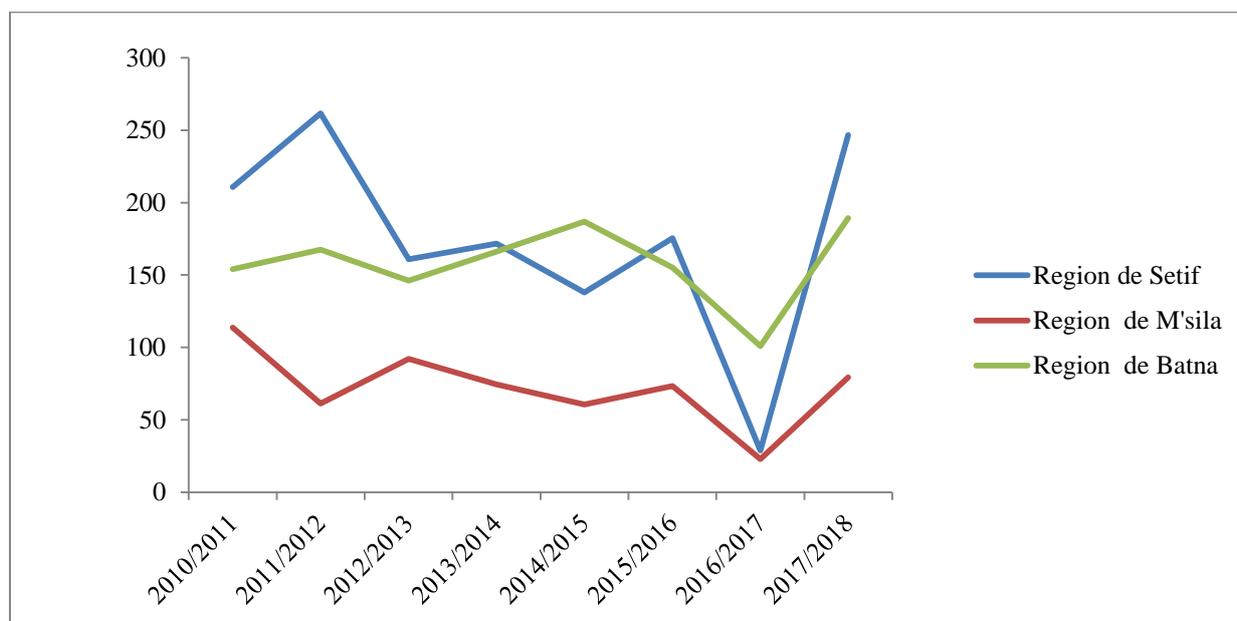


Figure N° 16 : la précipitation cumulée sur la période reproductrice des trois régions d'études.

2. Evolution des rendements

2.1. Blé dur

Le tableau 5 résume les rendements en grain durant la période 2010/2018 dans les trois régions d'études.

Le rendement moyen calculé sur la période 2010-2018 à Sétif est de 13,6 qt/ha, avec un écart type de 4,6qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 19 qt/ha qui concerne la campagne 2017/2018 et la valeur minimale de 7 qt/ha qui concerne la campagne 2014/2015.

A Batna le rendement moyen est de 13,2 qt/ha avec un écart type de 2,2qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 19,4 qt/ha qui concerne la campagne 2012/2013 et la valeur minimale de 9,32 qt/ha qui concerne la campagne 2016/2017.

A M'Sila le rendement moyen est de 16,8qt/ha avec un écart type de 5,1qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 24 qt/ha qui concerne la campagne 2017/2018 et la valeur minimale de 12 qt/ha qui concerne la campagne 2011/2012, 2012/2013, 2014/2015.

2.2. Blé tendre

Le tableau 6 résume les rendements en grain durant la période 2010/2018 dans les trois régions d'études. Il est de 12,8 qt/ha, avec un écart type de 5,4 qt/ha à Sétif et évolue entre la valeur maximale de 18 qt/ha qui concerne la campagne 2010/2011 et la valeur minimale de 6 qt/ha qui concerne la campagne 2013/2014.

Tableau N°5 : Rendement en grain (qt/ha) du blé dur dans les régions d'études.

Année	Sétif	Batna	M'sila
2010/2011	16,5	12,52	15
2011/2012	14,19	13,69	12
2012/2013	17	19,44	12
2013/2014	9	11,4	15
2014/2015	7	9,32	12
2015/2016	17	9,49	21
2016/2017	9	11,03	23
2017/2018	19	15	24
Moyenne	13,6	13,19	16,75
Ecart type	4,58	2,23	5,11

Tableau 6 : Rendement en grain (qt/ha) du blé tendre dans les régions d'études.

Année	Sétif	Batna	M'sila
2010/2011	18	12,52	8
2011/2012	12,24	13,69	10
2012/2013	18	19,44	12
2013/2014	6	11,4	12
2014/2015	7	9,32	12
2015/2016	17	9,49	22
2016/2017	7	11,03	21
2017/2018	17	16	25
Moyenne	12,78	12,86125	15,25
Ecart type	5,38	3,45	6,38

A Batna le rendement moyen sur la période 2010-2018 est de 12,9 qt/ha avec un écart type de 3,5 qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 19,44 qt/ha qui concerne la campagne 2013/2014 et la valeur minimale de 9,32 (qt/ha) qui concerne la campagne 2014/2015.

A M'sila le rendement moyen est de 15,3(qt/ha) avec un écart type de 6,4 qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 25 qt/ha qui concerne la campagne 2017/2018 et la valeur minimale de 8 qt/ha qui concerne la campagne 2010/2011.

2.3. Orge

Le tableau 7 résume les rendements en grain durant la période 2010/2018 dans les trois régions d'études.

Le rendement moyen à Sétif calculé sur la période 2010-2018 est de 12,3qt/ha avec un écart type de 5,5qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 18qt/ha qui concerne la campagne 2010/2011, 2017/2018et la valeur minimale de 5qt/ha qui concerne la campagne 2013/2014.

A M'sila le rendement moyen est de 14,6qt/ha avec un écart type de 4,8qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 22qt/ha qui concerne la campagne 2015/2016 et la valeur minimale de 8qt/ha qui concerne la campagne 2010/2011.

A Batna le rendement moyen est de 11,9 qt/ha avec un écart type de 1,9qt/ha. Il évolue entre la valeur maximale de 15 qt/ha qui concerne la campagne 2017/2018 et la valeur minimale de 8,43 qt/ha qui concerne la campagne 2014/2015.

Tableau N°7 : Rendement en grain (qt/ha) de l'orge dans les régions d'études.

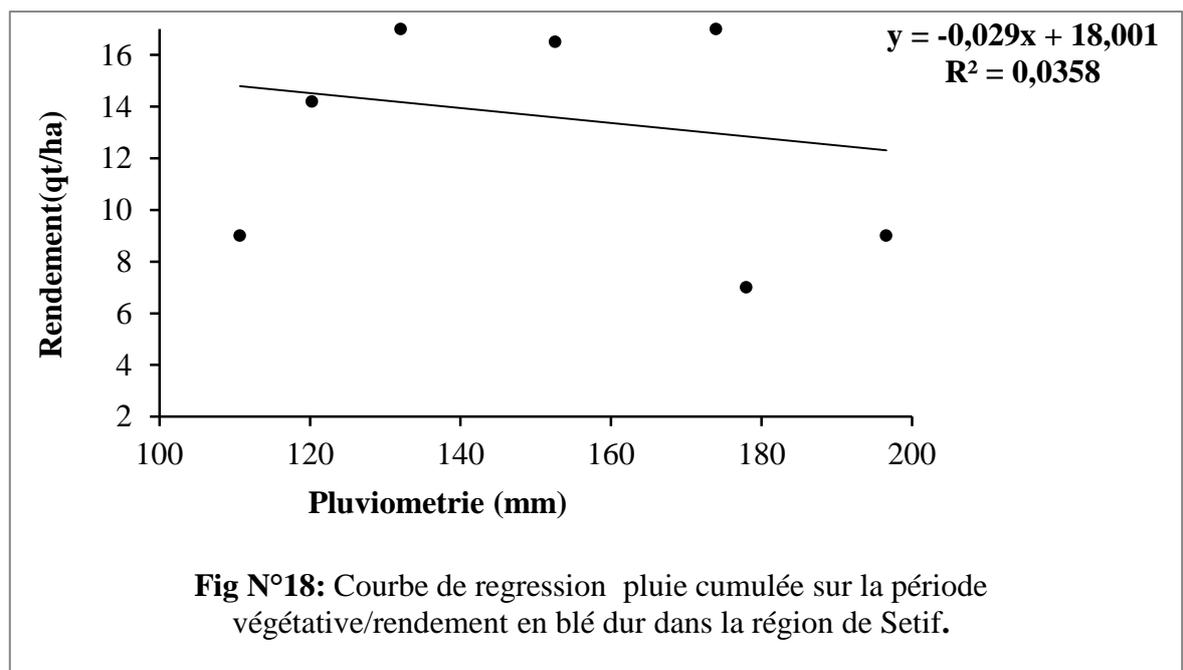
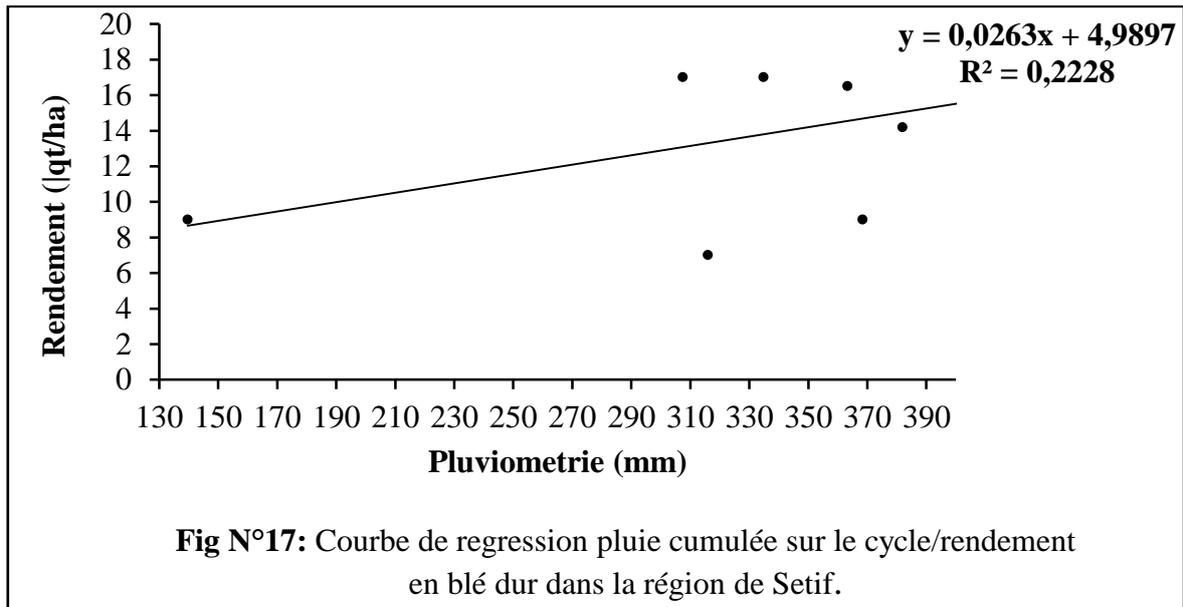
Année	Sétif	Batna	M'sila
2010/2011	18	12,45	8
2011/2012	12,49	12,17	10
2012/2013	16	13,17	12
2013/2014	5	10,74	12
2014/2015	6	8,43	12
2015/2016	16	12,9	22
2016/2017	7	10,58	21
2017/2018	18	15	20
Moyenne	12,31	11,93	14,62
Ecart type	5,52	1,98	4,78

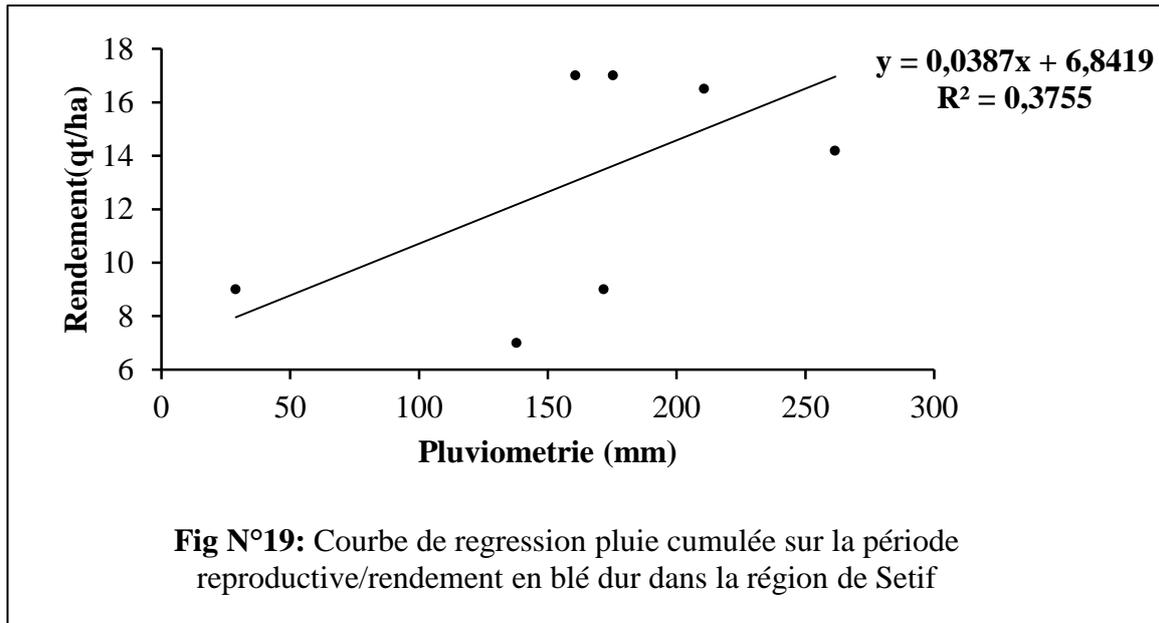
3. Relation précipitation- rendement

3.1. Blé dur

3.1.1. La régions de Sétif

L'étude de la régression précipitation- rendement en grain a donnée naissance à un nombre de courbes (figures 17, 18 et 19).

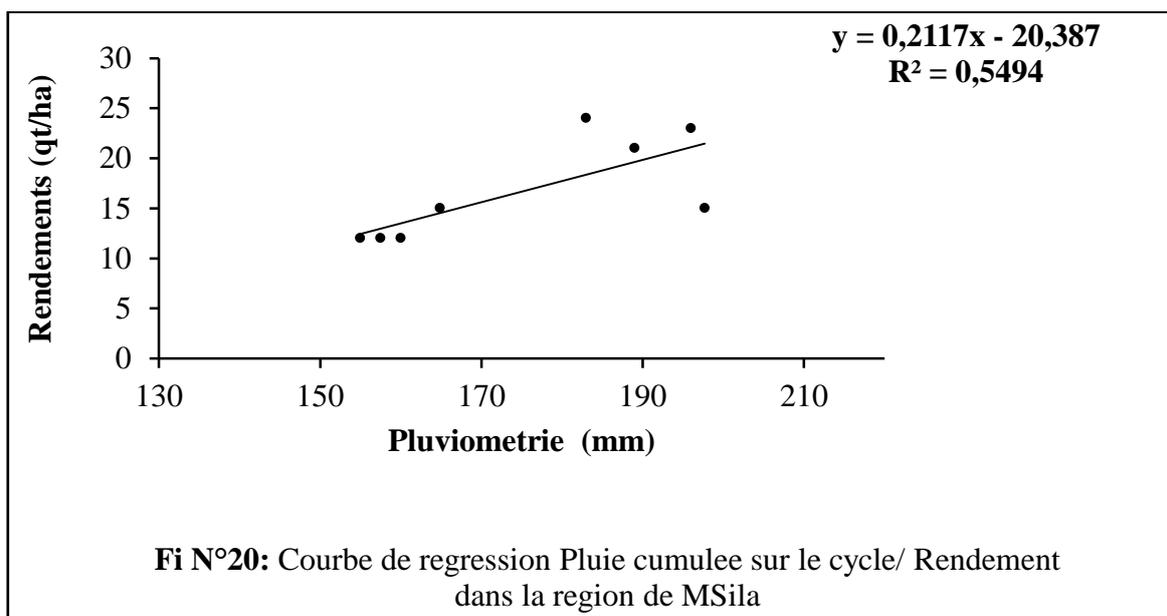


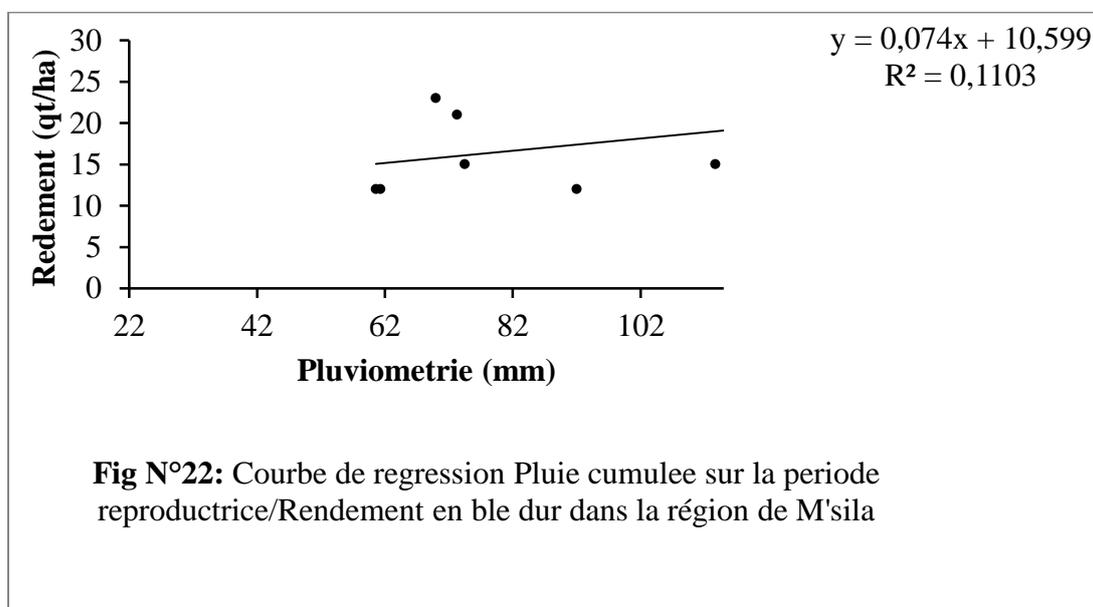
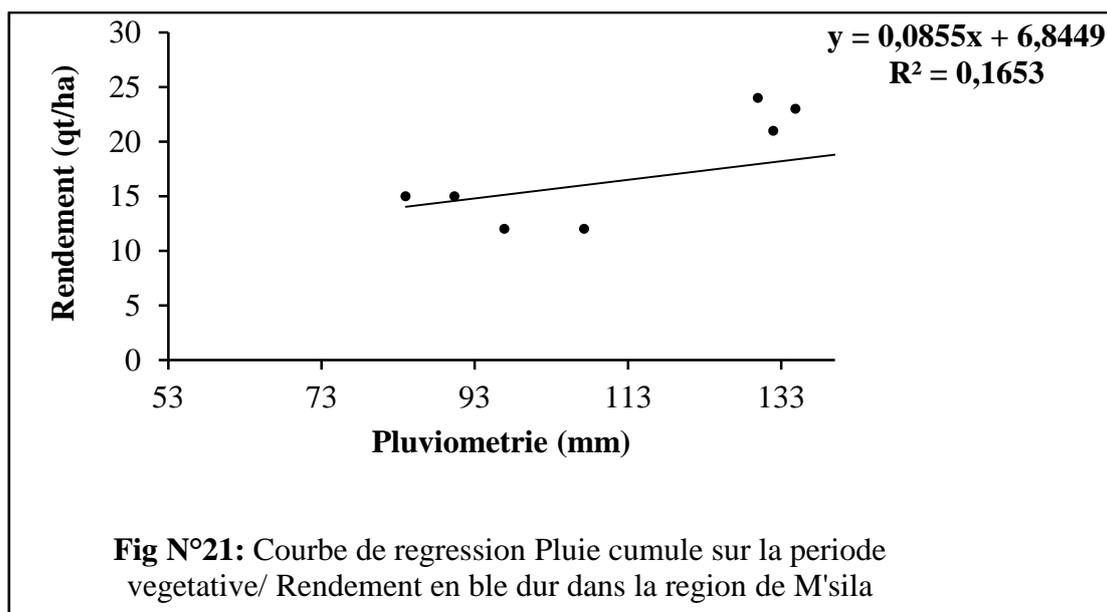


Le R^2 le plus élevé concerne la précipitation cumulée sur la période reproductive. En effet cette période est très sensible à l'élaboration des rendements du fait de la migration des réserves vers les organes de stockage. Cette migration nécessite une disponibilité en eau, véhicule de cette migration. L'occurrence d'un stress hydrique durant cette période se traduit automatiquement par une réduction du rendement.

3.1.2. La régions de M'Sila

Le coefficient de régression R^2 le plus élevé est de (0,55) concerne la pluie cumulée sur le cycle de culture (figures N° 20, 21 et 22).



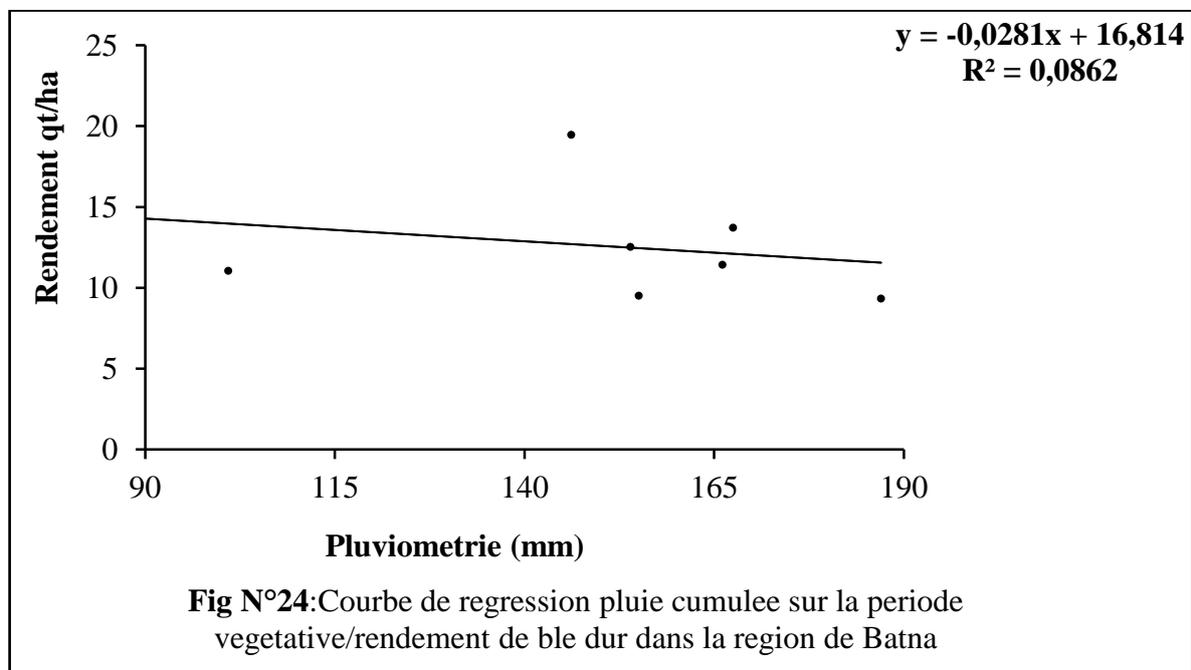
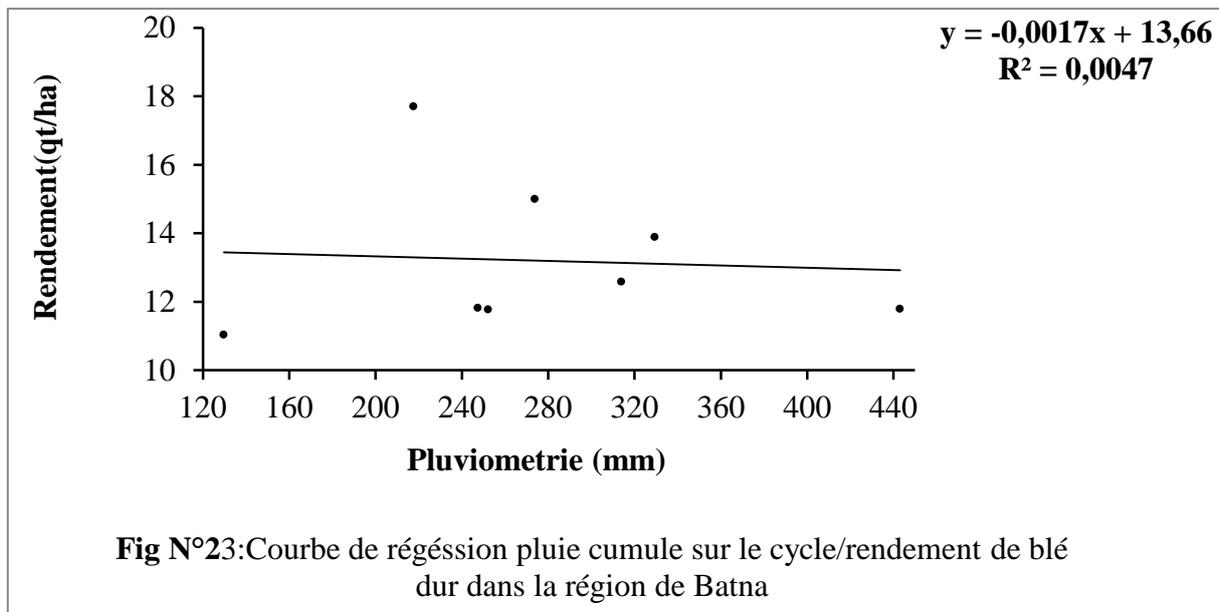


Ceci s'explique par la localisation de la région en zone aride caractérisé par une cumule pluviométrique très faible. En effet quand le cumule pluviométrique sur le cycle est trop faible par rapport aux besoins en eau de la plante, la distribution pluviométrique devient un facteur secondaire et les rendements dépendent directement du total des précipitations tombé au cours de la campagne de culture.

3.1.3. La régions de Batna

Le R^2 dans la région de Batna est très faible par rapport aux autres régions concernant le blé dur, le plus élevé est de (0.09) concerne la précipitation cumulée sur le cycle de culture (figures N°23, 24 et 25).

Il paraît que la pluviométrie n'influe pas les rendements chose en contradiction avec les conclusions de beaucoup de travaux. Ceci est probablement dû à la source de données. En fait la série de rendement provient de la DSA de Batna et donc il s'agit de valeurs réalisées en plein champs sans le moindre critère scientifique concernant l'itinéraire technique.



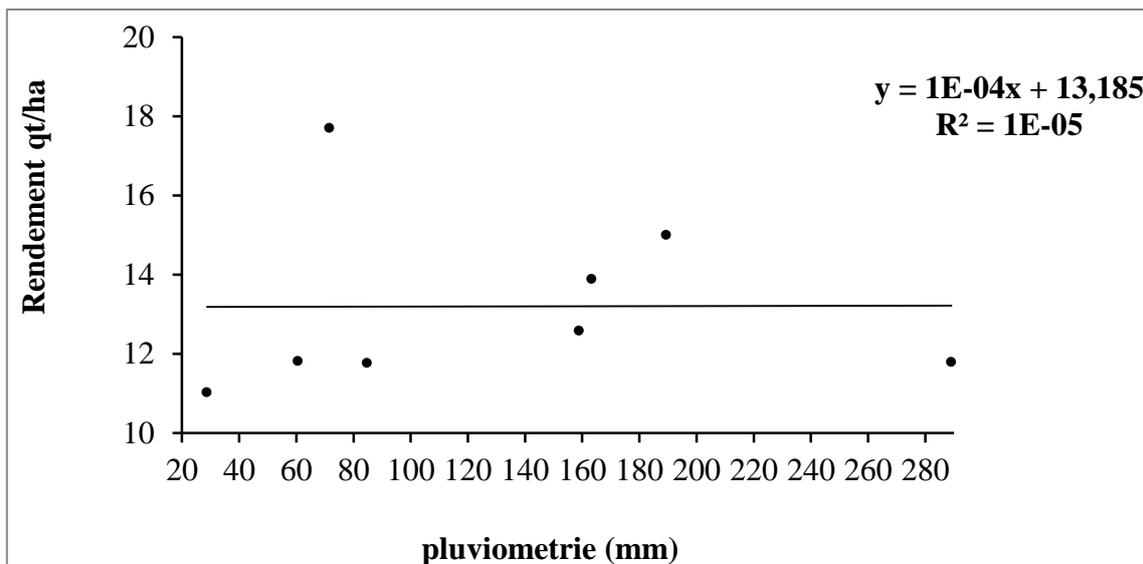


Fig N°25: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode reproductive/rendement de ble dur dans la region de Batna

3.2. Blé tendre

3.2.1. La régions de Sétif

Le coefficient de régression R^2 le plus élevé est de (0,35) concerne aussi la précipitation cumulée sur la période reproductrice (figures 26, 27 et 28).

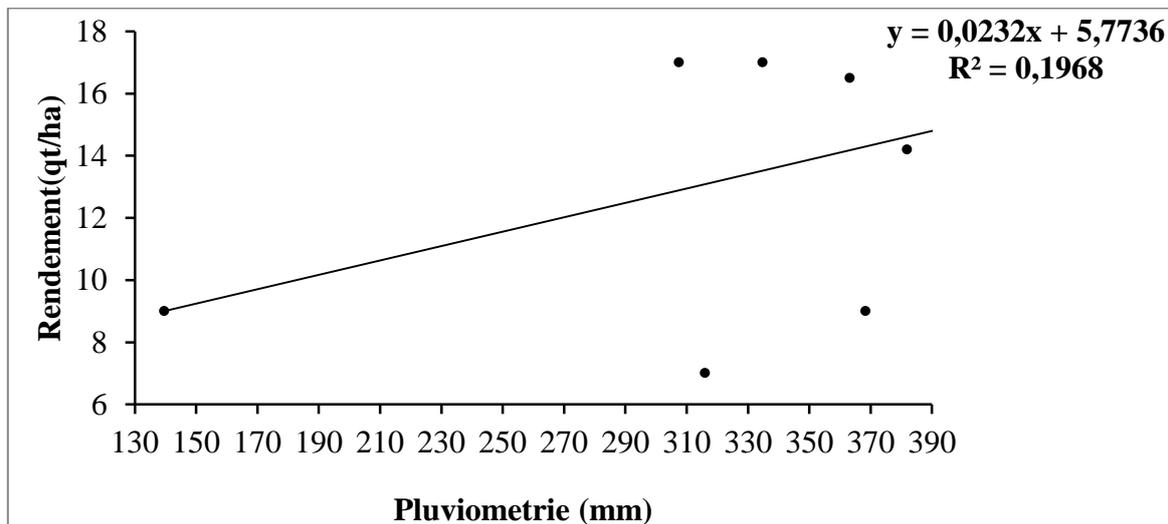


Fig N°26: Courbe de regression pluie cumulee sur le cycle/rendement de ble tendre dans la region de Setif

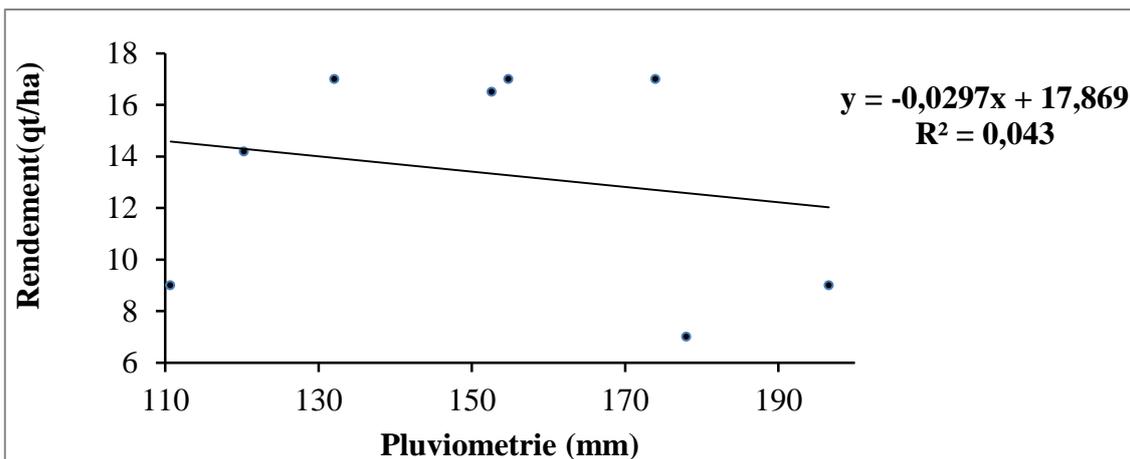


Fig N° 27: Courbe de regression pluie sur la periode vegetative/rendement du blé tendre dans la region de Setif

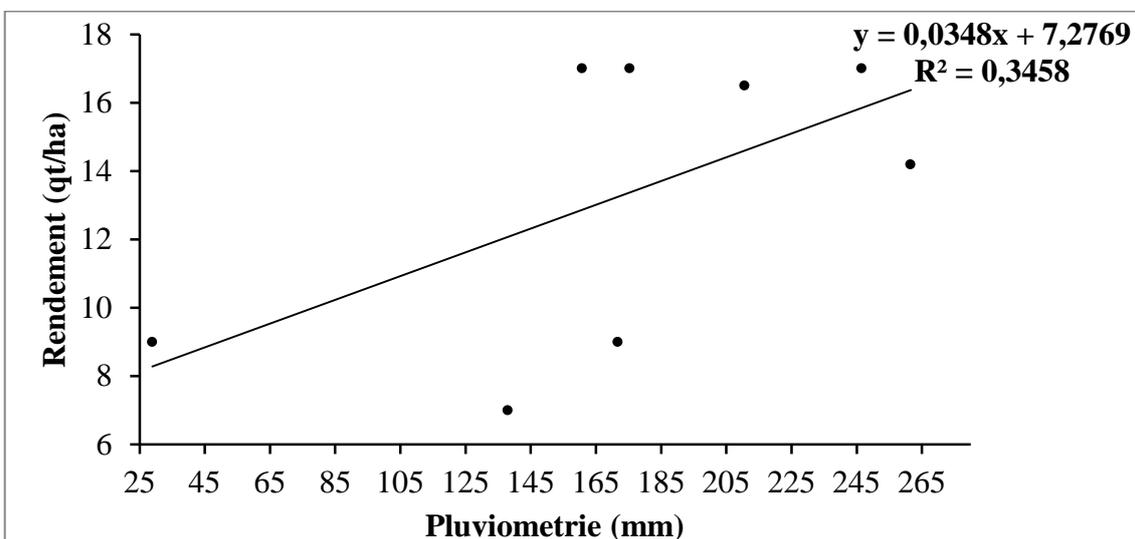


Fig N° 28: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode reproductrice/rendement de ble tendre dans la region de Setif

Comme pour le blé dur, cette période est très sensible à l'élaboration des rendements du fait de la migration des réserves vers les organes de stockage. Cette migration nécessite une disponibilité en eau, véhicule de cette migration. L'occurrence d'un stress hydrique durant cette période se traduit automatiquement par une réduction du rendement.

3.2.2. La régions de M'sila

Le coefficient de régression R² le plus élevé est de (0,708) et concerne toujours la pluviométrie cumulée sur le cycle de culture (figures 29, 30 et 31). Comme dans le cas du blé dur, ceci s'explique par la localisation de la région en zone aride caractérisé par une cumule pluviométrique très faible. En effet quand le cumule pluviométrique sur le cycle est trop faible par rapport aux besoins en eau de la plante, la distribution pluviométrique devient un facteur secondaire et les rendements dépendent directement du total des précipitations tombé au cours de la campagne de culture.

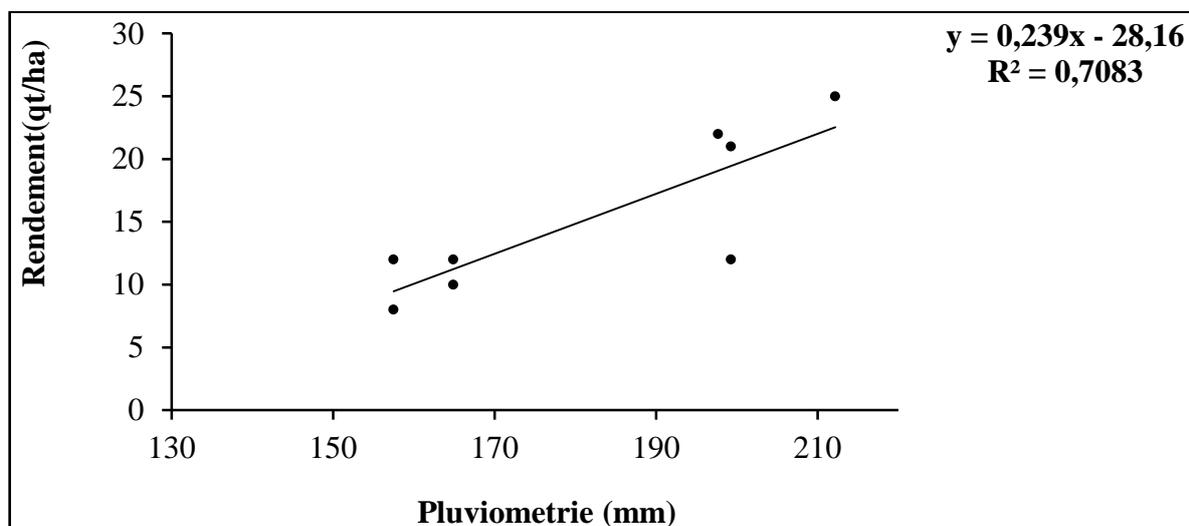


Fig N° 29: Courbe de regression pluie cumulee sur le cycle/rendement de ble tendre dans la region de M'sila

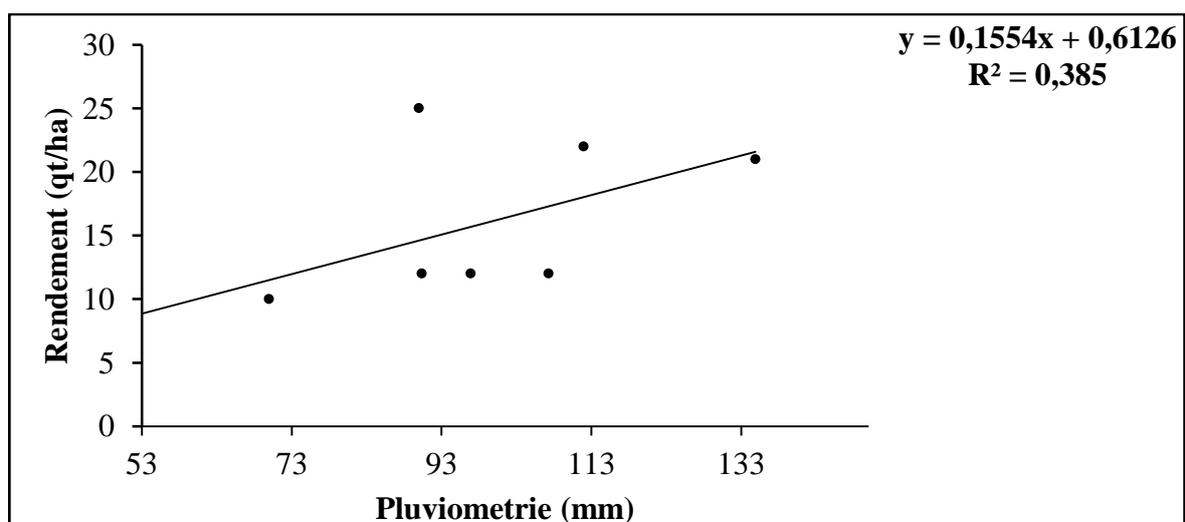
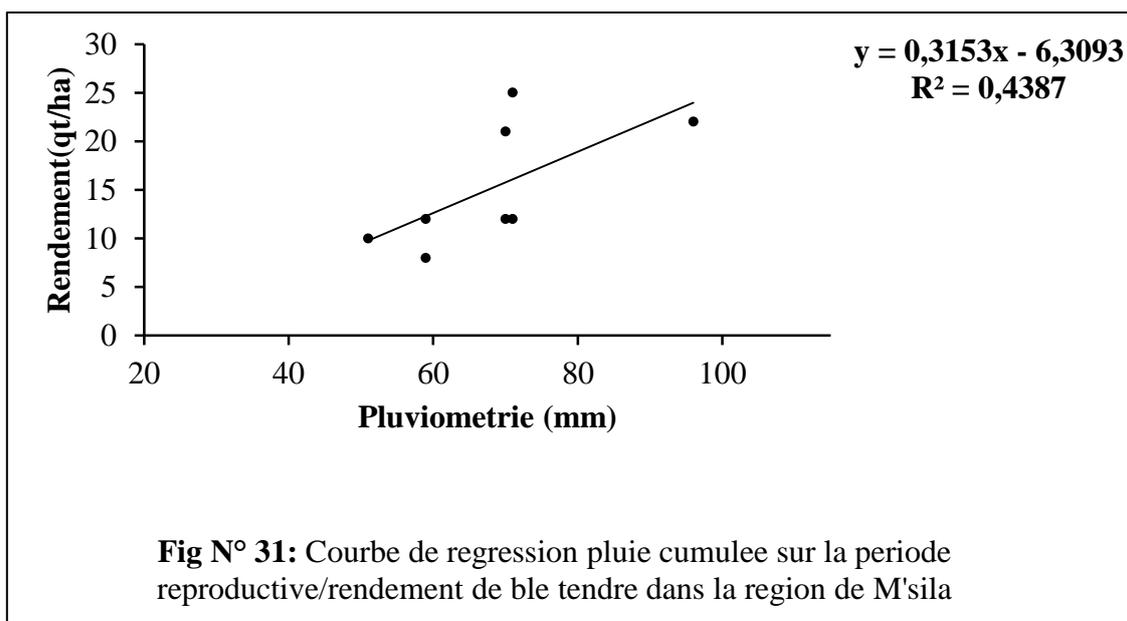
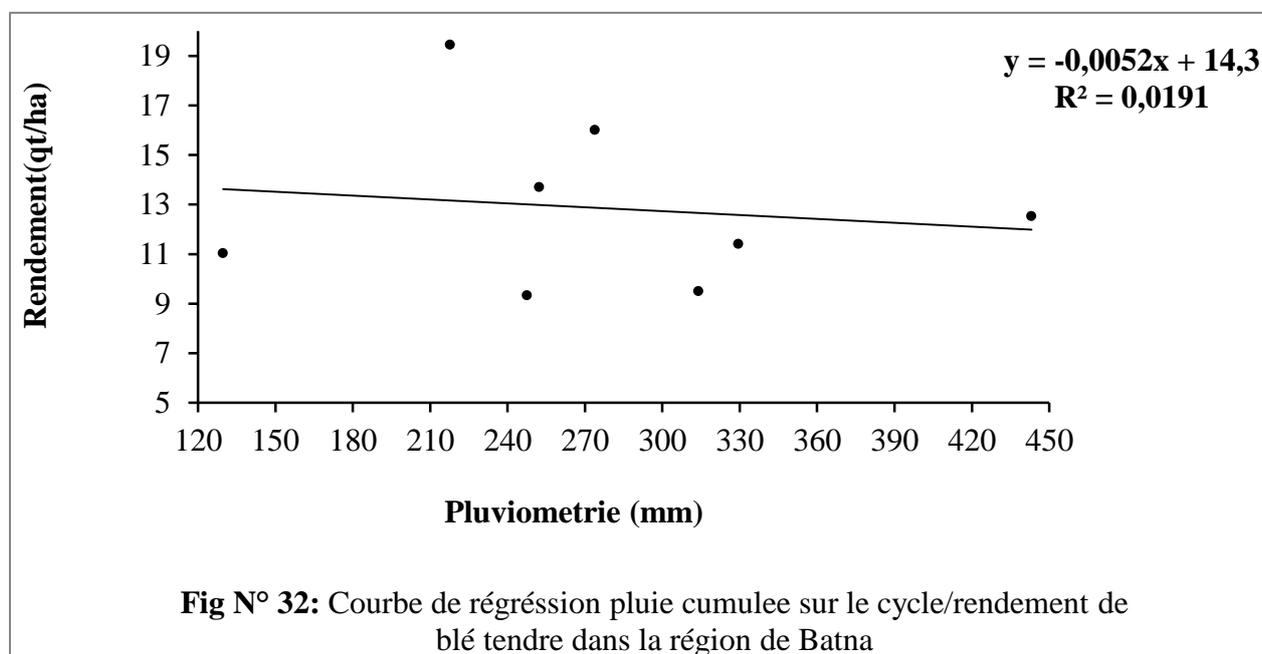


Fig ° 30: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode vegetative/rendement de ble dtendre dans la region de M'sila



3.2.3. La régions de Batna

Le R2 dans la région de Batna est très faible par rapport les autres régions concernant le blé tendre, le plus élevé est de (0.13) concerne la précipitation cumulée sur le cycle de culture (figures 32, 33 et 34). Les résultats ne reflètent pas la réalité physique de la relation pluie-rendement en blé tendre dans la région, du fait de l'origine des données.



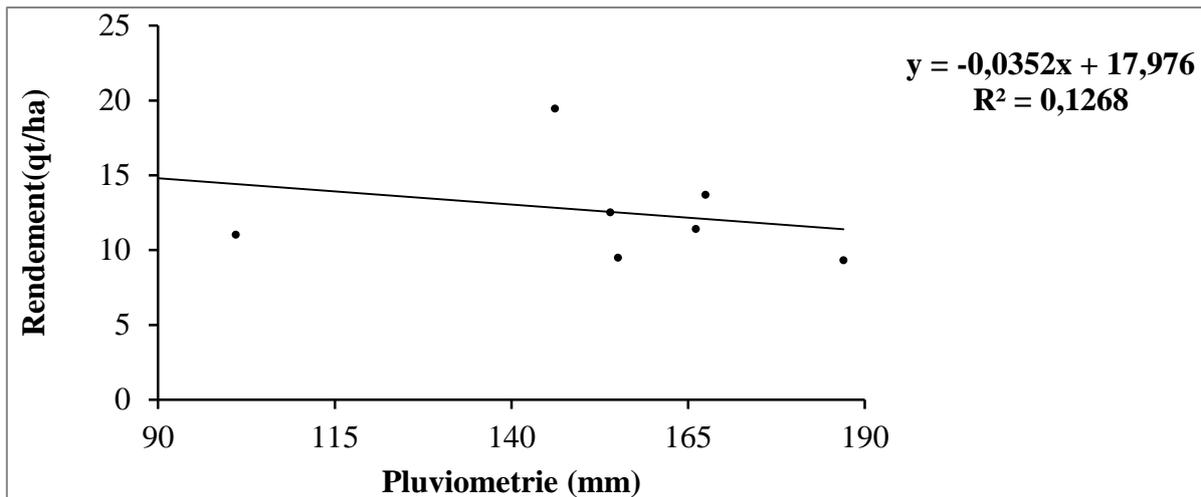


Fig N° 33: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode vegetative/rendement de ble tendre sur la region de Batna

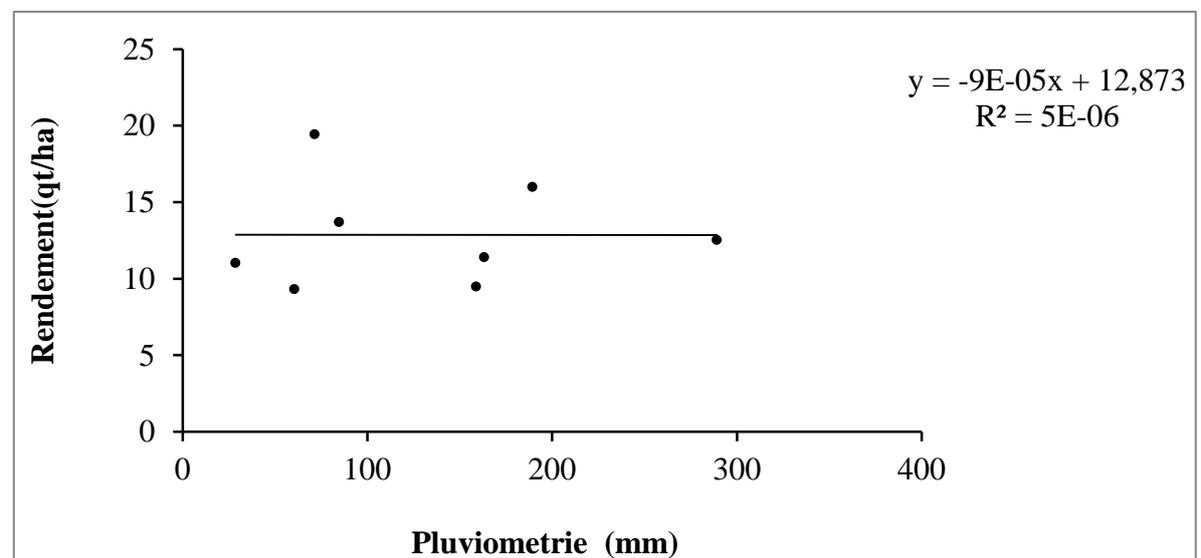


Fig N° 34: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode reproductive/rendement de ble tendre dans la region de Batna

3.3. L'orge

3.3.1. La régions de Sétif

Les résultats concernant l'orge rejoignent celles calculés dans le cas du blé dur et du blé tendre dans la région de Sétif (figures 35, 36 et 37). Ceci confirme donc que la

composante. De ce fait la composante principale déterminante du rendement en grain dans la région est la pluie cumulée sur la période reproductrice.

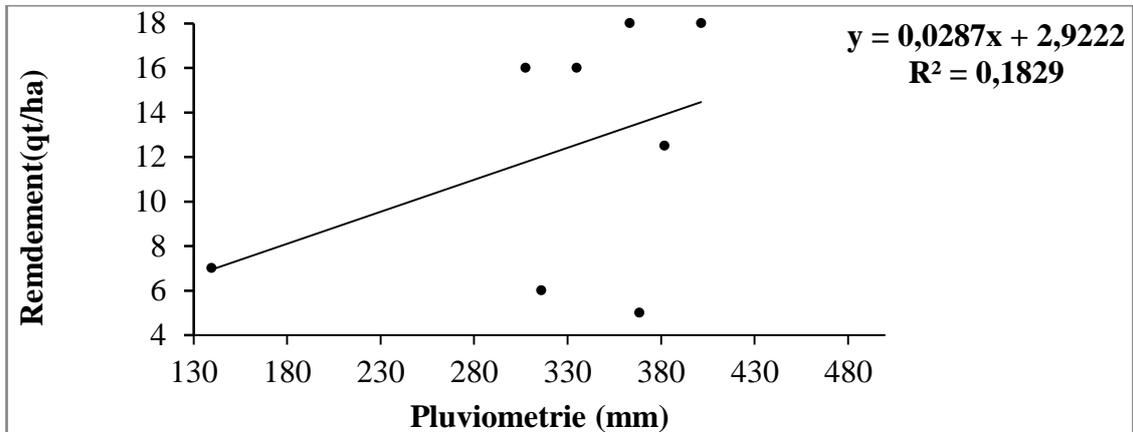


Fig N° 35: Courbe de regression pluie cumulee sur le cycle/rendement de l'orge dans la région de Setif

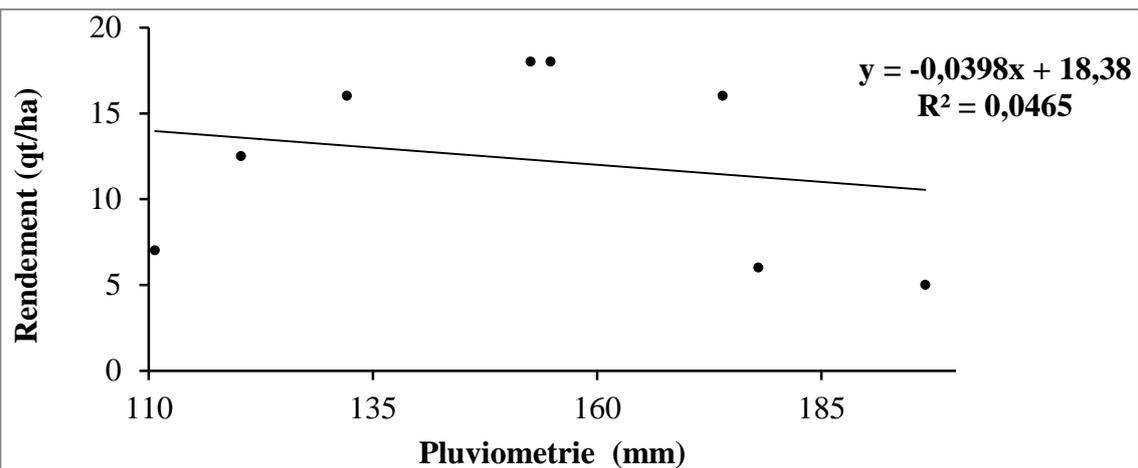
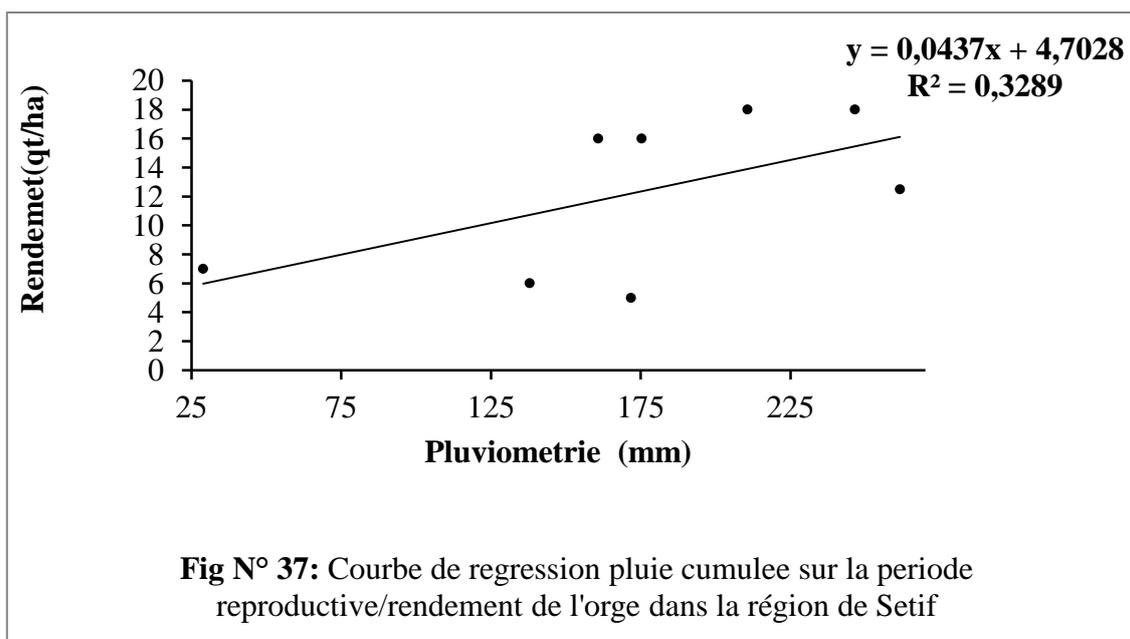
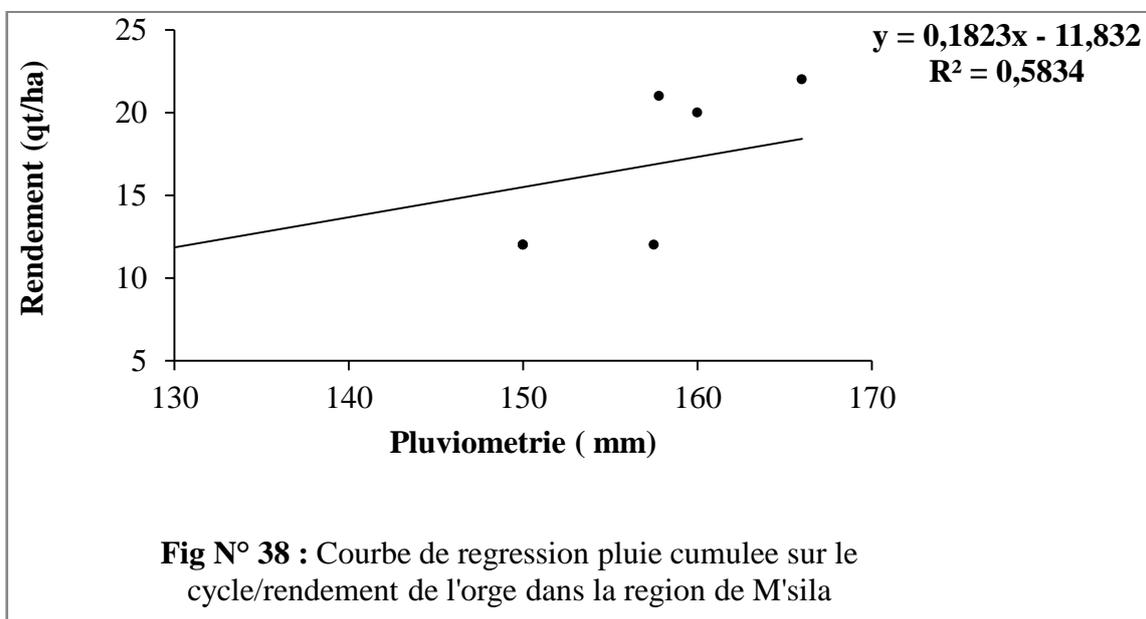


Fig.36: Courbe de regression pluie cumule sur la periode vegetative /rendement de l'orge dans la région de Setif



3.3.2. La régions de M'sila

Ici est dans le cas de l'orge dans la région de M'Sila, on se retrouve avec pratiquement les même résultats. Les conclusions sur le blé dur et le blé tendre pour la région se confirment encore une fois.



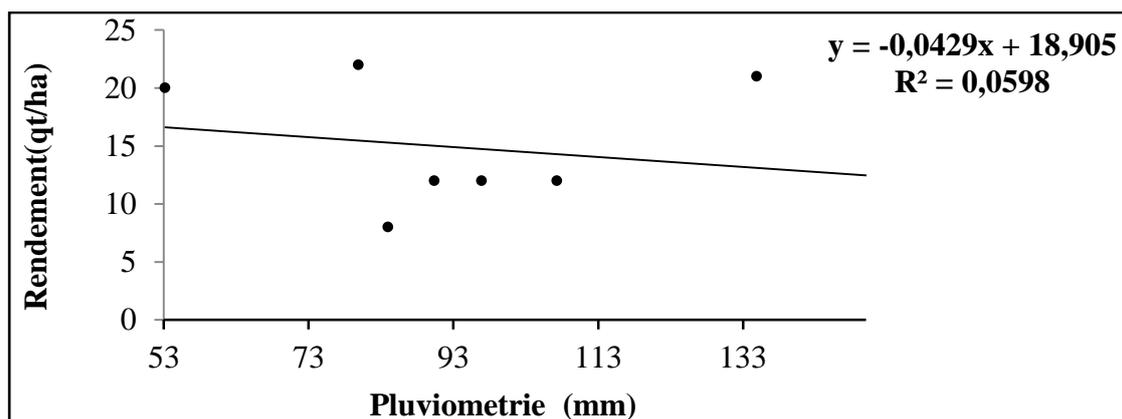


Fig N° 39: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode vegetative /rendement de l'orge dans la region de M'sila

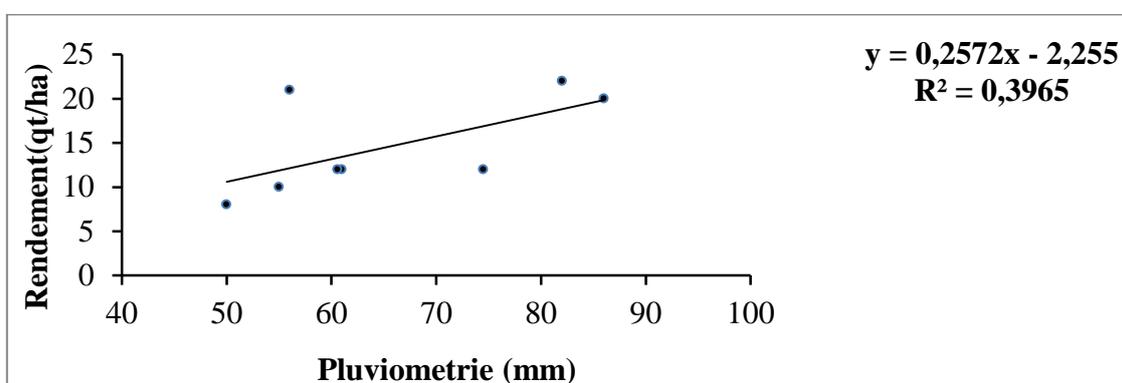


Fig N°40: Courbe de regression pluie cumulee sur la periode reproductive/rendement de l'orge dans la region de M'sila

3.3.3. La régions de Batna

Le R2 dans le cas de l'orge semble varier aléatoirement (figures 41, 42 et 43). Les résultats sont fortement affectés par la source des données de rendement.

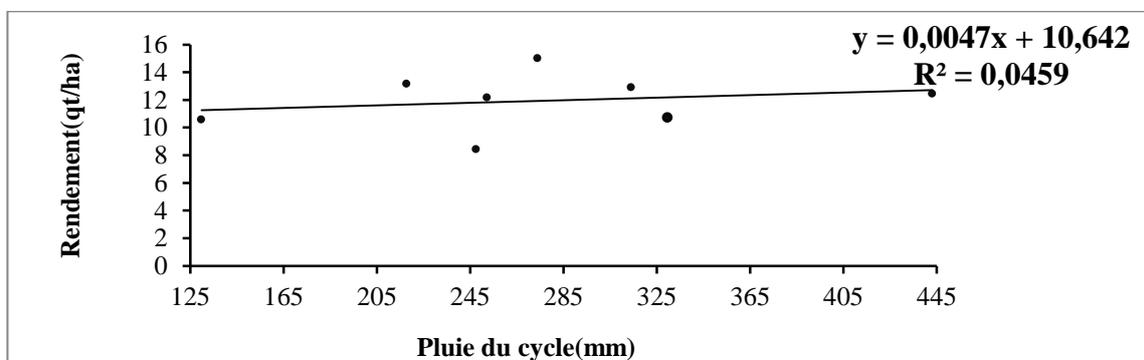
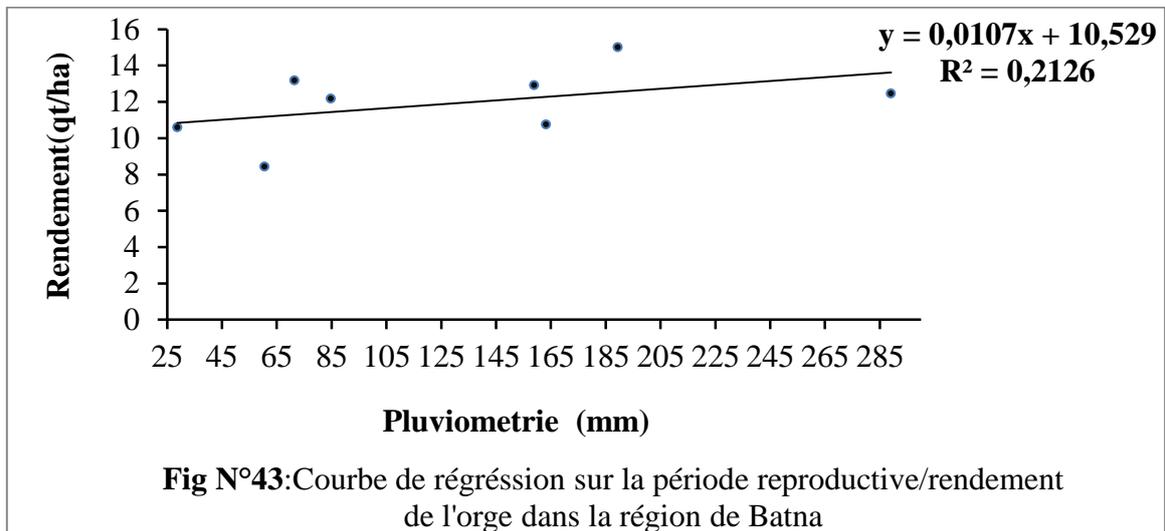
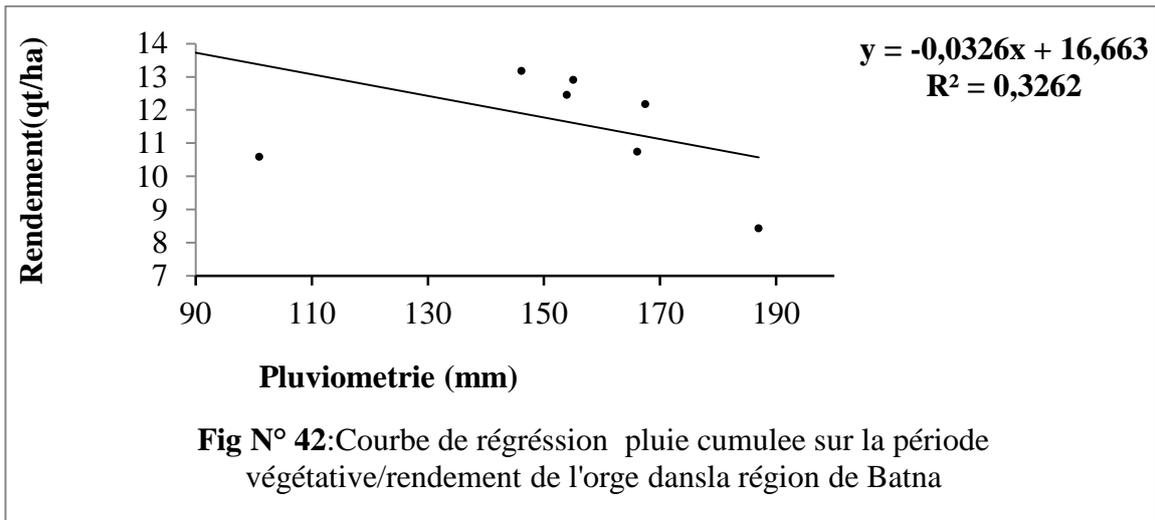


Fig.41: Courbe de régression sur la période du cycle/rendement de l'orge dans la région de Batna



Conclusion

Notre travail porte sur l'étude de l'évolution de la pluviométrie et de son impact sur les rendements. Elle couvre et de sur une période de 10 années s'étalant de 2010 à 2018, et concerne trois régions à savoir Sétif, M'sila et Batna.

Cette étude s'appuie sur les données de pluviométrie et celles des rendements céréaliers, recueillies auprès des services de la météorologie, de l'ITGC, et la DSA.

Parmi les trois composantes : pluviométrie cumulée sur le cycle de culture, celle cumulée sur la période végétative et enfin la pluviométrie cumulée sur la période reproductive, l'objectif principal de l'étude était d'identifier la composante qui induit de la baisse des rendements céréaliers. Les espèces concernées par la présente étude sont le blé dur, le blé tendre et l'orge.

L'analyse des précipitations sur la période 2010-2018 indique que la composante précipitation sur le cycle est quasiment égale dans les deux régions de Sétif et Batna. Elle est par contre plus faible dans la région de M'Sila dominée par un climat semi-aride.

La pluviométrie cumulée sur la période végétative est plus importante que celle calculée sur la période reproductive pour les trois régions.

L'analyse de la relation pluviométrie- rendement révèle que les trois composantes de la pluviométrie choisies influent différemment les espèces céréalières pour nos trois régions d'étude.

Dans la région de Sétif, les régressions indiquent les valeurs du R^2 de 0.38, 0.35 et 0.32, valeurs les plus élevés et qui concernant la relation qui lie la pluviométrie cumulée sur la période reproductive et les rendements pour les trois espèces. Cette composante de la pluie est en effet déterminante sur le rendement en grain de la céréales du fait de l'indisponibilité de l'eau durant cette phase pour permettre la migration des réserves des organes de synthèse vers les organes de stockage.

Dans la région de M'Sila c'est plutôt la pluviométrie cumulée sur le cycle qui semble être la plus déterminante sur le rendement (R^2 de 0.55, 7 et 0.4 pour le blé dur, blé tendre et orge). En fait la région est dominée par un climat aride et le problème pour la céréale est plutôt la quantité tés insuffisante des pluies qui tombe dans, avant d'en arriver à sa distribution dans le temps.

Les résultats de la régression concernant la région de Batna son très aléatoire et échappe à toute règle scientifique. En fait les données ont été collectées au prés de la DSA de

Conclusion

la Wilaya et donc loin de représenter des données d'expérimentations scientifiques fiables et précises.

Nos résultats, restent cependant une première approche sur la question. Une répétition de l'analyse avec des données plus précises, sur un période plus longue et sur un zonage plus large, permettra sans douter d'ajouter plus de détail à la thématique.

Référence bibliographique

- Adda A., Sahnoune M., Kaid-harch M. et Merah O., 2005.** Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *C. R. Biologies*, 328: 918-927.
- Aidaoui, T. & Hartani.** (2011) .Gestion de l'irrigation du blé dur par des indicateurs de l'état hydrique. Institut National Agronomique d'Alger (INA). Avenue Hassen Badi, El Harrach, Algérie. 589- 590pp.
- Ait-Slimane-Ait-Kaki Sabrina** (2008) : Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie thèses de Doctorat en Sciences université Badji Mokhtar Annaba pp 26,29,56.
- Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Djekoun A., 2002** - Caractérisation des variétés locales, Syriennes et européennes de blé dur évaluées Constantine, numéro spécial D. 33 – 38.
- Anonyme ; 1970** : Les cultures d'orge en France SECOBRAH France. Pp 4-6.
- Anonyme ; 1987** : Programme de formation, séminaire N°2. Contrat N°270 U.A.C West vn agri - Management international S.A.
- Anonyme 1982 in Aidani Housseyn.** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*)
- Anonyme, 1971** : Exigence biologique des céréales. Ed p 6-7.
- Apperit. J., 1985.** Dégâts, pertes et moyens de stockage. Le stockage des produits Vivrier et de la semence. A. C. T. A ed/maison. Neuve et la rousse. Paris. Volume I. 113 pp.
- Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R., El Rabey H., Effgen S., Ibrahi H.H., Pozzi C., Rohde W. and Salamini F., 2000.** The origin, domestication and history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17
- Baik, B.-k & Ulrich, S.E.** Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *Journal of cereal science* 48, 233-242 (2008)
- Balaiddjamel, 1986.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Alger ; pp 4-6.
- Baldy C., 1973.** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé. *Ann. Agron.* 24 (2).
- Belaïd D, 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
- Benlaribi m., Monneveux P. et Grignac P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). *Agronomie*, 10: 305-322.
- Benmahammed A., 2004.** La production de l'orge et possibilité de développement en Algérie. *Céréaliculture*. ITGC El Harrach, 41:34-38.
- Bonjean A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :29-37.
- Bonjean A. et Picard E., 1990.** Les céréales à paille: origine, histoire, économie, sélection. Ed. INRA, Paris, France, 300 p.
- Bonnefoy M, Moynier J-L** (2014) : Besoins en eau des céréales. Colloque au champ-Irrigation-le Magneraud, Arvalis, France
- Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger. 154 p.

- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176p.
- Boutfirass M., Karrou M. et El mourid M., 1994.** Irrigation supplémentaire et variétés de blé dans les zones semi-arides du Maroc. In : El Gharous M., Karrou M. et El Mourid M. (Eds) ; Aquis et perspectives de la recherche agronomique dans les zones arides et semi-arides du Maroc. INRA-MIAC Eds. Actes de conférence, Rabat 24-27 Mai 1994, Maroc : 176-179.
- Bouthiba(2007)** Optimisation de l'irrigation de complément du blé dans la région de Chélif thèse de Doctorat d'état INA, EL-Hrarch (Alger), 120p.
- Bouzerzour H., Mahnane S. et Makhoul M., 2006.** Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'Algérie, Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69.CIHEAM.2006.
- BSA (2007)** Bulletin de statistique agricole- Inventaire statistique des terres agricoles Ministère de l'agriculture, Serie B, 1970-2007, 21p
- Chacha F., 2011.** Profil métabolique et fécondité en élevage bovin laitiers (Wilaya de Sétif).Thèse de Mag. Centre Universitaire d'El-Tarf, 1-10p.
- Chadefaud M., Emberger L. (1960) :** Traite de botanique, systematique des vegetaux vasculaires, fascicule Masson et Cie. Tome II, PP 753.
- Chennafi H. Aidaoui A. Bouzerzour H. Saci A, 2006.** Yield response of durumwheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. Asian Journal of Plant Science. 5: 854-860 pp. Conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 854-860p.
- Chourghal N, Huard F (2017)** Observed and future changes in precipitations and air temperatures in the central region of Algeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 11 (1): 247-256
- Chourghal N, Lhomme JP, Huard F, Aidaoui A (2015)** Climate change impact on durum wheat in Algeria. *Reg Environ Change* 11:137–142. doi: DOI 10.1007/s10113-015-0889-8 16(6) 1623-1624
- Chourghal N., 2016.** Impacts des changements climatiques sur la culture du blé dur en Algérie. Thèse de doctorat en Science agronomiques, Ecole supérieure agronomique Alger, 210 p.
- CIC. (2000)**-Rapport annuel des conseils international des céréales <<CIC>> pour l'année 2000. Pp.1-3
- CIC. (2007)**-Rapport annuel des conseils international des céréales <<CIC>> pour l'année 2007. Pp.5-7
- Clement G et Prats J ; 1971 :** Les céréales C.D.T d'enregistrement agricole. Pp 9-239.
- Clément G. et Prats J., 1970-** les céréales. *Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed.* 351p.
- Clément J.M. (1981).** Dictionnaire Larousse Agricole. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2: 1207p.
- Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971.** Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.
- Cline W (2007)** Globale Warming and Agriculture-Impact Estimates by Country. Centre for Globe Dev, Washington. 164p
- Couplan F., 2002 :** Dictionnaire, étymologie de botanique. 2ème édition : Masson & Cie Editeurs : pp 97-223.
- Crête P. 1965 :** Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes .2^{ème} édition, Paris : 11-38.
- Crete P., 1965.** Précis de botanique. Systématique des angiospermes. Tome II. Ed. Masson et Cie, Paris. 429p.
- D.S .A, 2008.** Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'Sila Rapport sur la wilaya de M'Sila, 12 p
- Debeche E., 2010.** Analyse des facteurs affectant la variabilité des performances de la vache laitière en milieu semi aride. Thèse de Mag. Ecole national d'agronomie El-Harrach, Alger, pp : 16-20.

- Djermoub A (2009)** La production cerealiere en Algerie : les principales caracteristiques Revue Nature et Technologie (1) :45-53
- Doorenbos J et Pruit W.O(1975)** Crop Water Requirement, FAO, Rome 179 p.
- Doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P. (1992).** Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.
- El mourid M., Karrou M. et El gharous M., 1996.** La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. Al Awamia, 92: 69-81.
- Eliard JL., 1979.** Manuel d'agriculture générale. Bases de la production végétale. Ed. J.B. Bailliére. 344p.
- et l'accumulation de certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *European journal of*
- FAO, 1997.** Food and Agriculture Organization. FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org/>
- FAO. (2007).** Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales. « En ligne »
- Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.
- Feldman, M. 2001.** « Origin of Cultivated Wheat ». Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) *The World Wheat Book: A history of wheat breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre, p3-58.
- Fellahi, Z, Hannachi, A, Bouzerzour, H & Boutekrabi, A. 2013.** Correlations between traits and path analysis coefficient for grain yield and other quantitative traits in bread wheat under semi arid conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability*. 3(1) :16-26.
- Feuillet M. (2005) :** Le grain de blé, Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN : 1144-7605. ISBN : 2-73806 0896- N 8, PP 308.
- Garcia del moral L.F., Rharrabti y., Villegas D., et Royo C., 2003.** Evaluation of Grain Yield and its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. *Agron*, 95: 266-274.
- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris. 429 p.
- Gate Ph. Et Giban M., 2003.** Stades du blé. Edition ITCF, Paris. 68p.
- Giban, M., Minier, B., Malvosi, R. 2003.** Stades du blé ITCF. ARVALIS. Institut du végétale. Pp 68.
- Gonde H., Carre G., Jussianx PH., Gonde R., 1968.** Cours d'agriculture moderne. 8^{ème} édition. Nouvelles leçons d'agriculture. Ed. La maison Rustique, Paris ; pp 151-169.
- Grillot G., 1959.** La classification des orges cultivées. *Annales de l'amélioration des plantes*, 4: 446-486.
- Hadria, R. 2006.** Adaptation et spatialisation des modèles stricts pour la gestion d'un périmètre céréalier irrigué en milieu semi-aride. Thèse de doctorat. univ Cadi AYYAD Samlalia- Marrakech.
- Halet M, 1980 in M. Benabdallah Mohamed El amine.** Les caractères et les effets d'une fertilisation biologique par le grignon d'olive sur le rendement des cultures de céréales.
- Hassani, A., Dellal, A., Belkhouja, M. & Kaid. Harche, M. (2008)** Effets de la sécheresse
- Heller R. (1982) :** Physiologie végétale, Tome 2, Développement. Ed. Masson. Paris. PP 215.
- Henry Y. et De Buyser J. (2001).** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- Jean-Louis Ration et El Hassan Benabderrazik** mai 2014 ; l'Institut de prospective économique du monde méditerranéen (Ipemed)
- Khalighi M., Arzani A. et Poursiahbidi M. A. 2008:** Genetic diversity in *Triticum* spp and *Aegilops* spp. using AFLP markers. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7, N0 5:546-552.
- Laberche J-C, 2004.** La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.

- Lahmar, R. (1993).** Intensification céréalière dans les Hautes Plaines Sétifiennes : quelques résultats. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 2(1), 93-97.
- Legg J., Day W., Lawlor W., et Parkinson K.J., 1979.** The effects of drought on barley growth: models and measurements showing the relative importance of leaf area and photosynthetic rate. *J. Agric. Sci.*, 92: 703-716.
- Lerín François,** 1986. Céréales et produits céréaliers en méditerranéen. Ed. Montpellier; pp 81 ; 93.
- Loué A., 1982 :** Le potassium et les céréales.
- MADR. 2005.** Données statistiques du Ministère de l'agriculture. Bureau des statistiques
- MADR. 2006.** Données statistiques du Ministère de l'agriculture. Bureau des statistiques
- Magrin G., 1990.** Facteurs de stress agissant sur la production du blé en Argentine. Evaluation de mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Thèse. Ing. ENSA Montpellier France.
- Masale M.J., 1980.** L'élaboration du nombre d'épi chez le blé d'hiver. Influences de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse doctorat. Ing. INA, Paris Grignon, 274 p.
- Masl e-jmeynard JH ; 1980 :** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse docteur ingénieur I.N.R. Paris- Grignon. France. 274 P.
- Mazliak P.(1982) :** Physiologie végétale II .Croissance et développement. Hermann ed. PP 54
- Meyer W.S. et Alston A.M., 1978.** Resistance to water flow in the seminal roots of wheat. *Journ.Exp. Bot.* Vol. 29 (113).
- Moule C(1980)** Bases Scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France, Ed, Miason, Paris, 319p.
- Multon J.L., 1982.** Conservation et stockage des grains et produits dérivés : oléagineux, protéagineux, céréales et aliments pour animaux, Edit.Tech. Doc et Apria – Lavoisier. Vol II.
- Musick JT, Jones, O. R , Stewart, B.A, Dusek, D.A, (1994)** water yield relationships for irrigated and dryland wheat in the US southern plain. *Agronomy Journal*, 86 : 980-986.
- Nevo E., 1992.** Origin, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile Crescent. In Shewry, P.R. (ed.). *Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*, Oxford, C.A.B. International, The Alden Press, pp. 19–43.
- Pastre P. et Roa L. 1993.** La lutte contre les ravageurs des céréales. Dossier Deletamethrine. 163 pp. *Phytopath. Soc no* 1.52 p.116
- Prats H (1960) :** Vers une classification des graminées, *Revue d'Agrostologie Bull. Soc Bot. France*, N °21, PP508.
- Prats H. 1960 :** Vers une classification des graminées .*Revue d'Agrostologie .Bull. Soc Bot. France* : 32-79.
- Ricroch, A., Dattée, Y. & Fellous, M. (2011).** Biotechnologie végétale : environnement, alimentation, santé. Ed du Vuibert. Paris. 170-182p.
- Ruel, T.; (2006),** Document sur la culture du blé, édition Educagri.
- RYM KALLOU, 2008-** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréales français dans le cadre du pôle de compétitivité Qualimedeterranée. These Master of Science .PP83.
- Salfer G.A., Molina-Cano J.L., Savim R., Araus J.L et Romagosa I., 2002-** Barley science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of yield and Quality. 665p. *Scientific Research*. 23(1): 49-61.
- Sayoud R., Ezzahiri B. et Bouznad Z., 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. ITGC, Alger, pp. 30-32.

- Schilling J, Freier K P, Hertig E, Schefran J (2012)** Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *AgriculEcosys Environ* 156 :12-26. doi : 10.1016/j.agee.2012.04.021
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E. D. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*(16) 3 :225-9.
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.
- Slama, A. Ben Salem. M. Ben Naceur. M. Zid, E, 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat). 16(3) : 225-229
- Smadhi D, Zella L, Semiani M, Chabane A, Fedjer Z (2013)** Evolution des cultures céréalières (1876-2011) en Algérie et perspectives. Recherche agronomiques.
- Soltner D ; 1979** : les grandes productions végétales 10^{ème} Ed. 427 p.
- Soltner P., 2005.** Les bases de la production végétale: La plante et son amélioration. 4^{ème} Ed. Collection et Techniques Agricoles. 248p.
- Soltner. D., 1990-** les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairie. *Coll. Sciences et techniques agricoles. 17^{ème} Ed.* 464p.
- Soltner., 1988** - Les grandes productions végétales. *Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions* 464P
- sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen »
- Tanner C.B. et Sinclair T.R., 1983.** Efficient water use in crop production: Research or research? In: Taylor, H.M, Jordan, W.R, Sinclair, T.R. (Eds). Limitations to efficient water Use in Crop Production. American Society of Agronomy Madison WI. : 29-43.
- Tiercelin JR(1998)** Traite d'irrigation. Ed. Paris : Lavoisier
- Villegas D., Aparicio n., Blanco r. et Royo C., 2001.** Biomass accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. *Annals of Botany*, 88: 617-627.
- Von Bothmer R., 1992.** The wild species of *Hordeum*: Relationships and potential use for improvement of cultivated barley. *Molecular Biology and Biotechnology*. C.A.B. International, Wallingford Oxon, pp. 3-18.
- Wang W.X., Brak t., Vinocur B., Shoseyov O. et Altman A., 2003.** Abiotic resistance and chaperones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from *Populus*. In: Vasil IK (ed), Plant biotechnology 2000 and beyond. Kluwer, Dordrecht : 439-443.
- Wilhite et Buchanan-Smith, 2005 ; ONU/SIPC.**
- Yokota A., Takahara K. et Akashi K., 2006.** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 15-39.
- ZANE Y. (1993).** Etude du comportement de quelques variétés de blé dur introduites dans les conditions subhumides, Thèse. Ing, Agro, INFS (Mostaganem). 89 p.

Site Web

- Anonyme, 2001.** Centre de recherche sur les céréales Canada : www.agr.gc.ca/science/winnipeg.
- Anonyme, 2012.** Production de céréale en Algérie (1962-2012) : www.econostrum.info.
- CNIS (2005)** Agriculture algérienne. Les statistiques. <http://www.douanes.cnis.dz>

DSA de Sétif, 2011 in <http://www.uni-setif.dz/MMAGISTER/images/factes/snv/2012/karkour%20larbi.pdf>
<http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. Date de consultation: 03/01/2013.

Monographie de la Wilaya de Batna, (2009) in <http://thesis.univ-biskra.dz/1952/1/Archi-m-2012.pdf>

Station météorologique M'Sila (2008) in https://bu.univ-ouargla.dz/HADBAOUI_Ilyes.pdf?idthese=3092

Wilaya de M'Sila, 2011 in https://bu.univ-ouargla.dz/HADBAOUI_Ilyes.pdf?idthese=3092

Résumé :

L'objectif principal de ce travail est d'analyser la relation précipitation cumulée-rendement dans trois régions de l'Algérie ; Sétif, M'Sila et Batna. Trois composante de la précipitation sont étudiées ; pluie cumulée sur le cycle de culture, pluie cumulée sur la période végétative et pluie cumulée sur la période reproductive. Trois espèce sont choisies pour accomplir l'étude ; le blé dur, le blé tendre et l'orge.

A Sétif, les trois cultures sont impactées par la pluie cumulée sur la période reproductive. A M'Sila, c'est plutôt la pluie cumulée sur le cycle qui détermine le rendement. A Batna les résultats restent aléatoires du fait de la source probable des données d'entrée.

Mots clés : Céréales(blé dur blé tendre et orge), précipitation cumulée, rendement, période végétative, période reproductive.

Abstract :

The main objective of this work is to analyze the cumulative precipitation-yield relationship in three regions of Algeria; Setif, M'Sila and Batna. Three components of precipitation are studied; cumulative rainfall on the crop cycle, cumulative rainfall over the vegetative period and cumulative rainfall over the reproductive period. Three species are chosen to complete the study; durum wheat, soft wheat and barley. In Sétif, the three crops are impacted by cumulative rainfall over the reproductive period. At M'Sila it is rather the accumulated rain on the cycle which determines the yield. In Batna the results remain uncertain because of the probable source of the input data.

Key words: Cereals, cumulative precipitation, yield, vegetative period, reproductive period.

تلخيص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحليل العلاقة الاجمالية لكمية الأمطار في ثلاث مناطق من الجزائر ؛ سطيف ، المسيلة وباتنة. تمت دراسة ثلاثة مكونات لهطول الأمطار. هطول الأمطار التراكمي على دورة المحاصيل، وهطول الأمطار المتراكمة على مدار فترة النمو الخضري والأمطار التراكمي خلال فترة التكاثر. تم اختيار ثلاثة أنواع لإكمال الدراسة؛ القمح الصلب والقمح اللين والشعير.

في سطيف ، تتأثر المحاصيل الثلاثة من الأمطار المتراكمة خلال فترة التكاثر. في المسيلة هو بالأحرى المطر المتراكم على الدورة التي تحدد العائد. في باتنة تظل النتائج غير مؤكدة بسبب المصدر المحتمل لبيانات المدخلات.

الكلمات المفتاحية: الحبوب ، الأمطار المتراكمة ، المحصول ، الفترة الخضريّة ، الفترة التناسلية.