

Université Abdelhamid Ibn Badis
Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature
et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mr. LOUNIS KHODJA Ahmed

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALE

THÈME

**L'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote sur la
production de blé dur (*Triticum durum*) variété Simeto dans la
zone d'Ouarizane. RELIZANE**

Soutenu publiquement le 03/ 07 /2017.

DEVANT LE JURY

| | | |
|-----------|-----------------------------|--------------------|
| Président | Mr. ABDERAZAK Larbi | MA.A U. Mostaganem |
| Encadreur | Mr. DEBBA Mohamed El Bachir | MA.A U. Mostaganem |
| Examineur | Mr. GHELAMALLAH Amine | MC.B U. Mostaganem |
| Invité | Mr. FODIL Mustapha Kamel | Agriculteur |

Année universitaire : 2016/2017

Thème réalisé dans la ferme expérimentale FODIL Ahmed Chawki KAPTANIA OUARIZANE. RELIZANE

Remerciement

Avant tout je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a donné le courage, la force, la patience et la volonté de terminer ce travail.

Je tiens à exprimer particulièrement mes sincères remerciements à Mr DEBBA MOHAMED ELBACHIR A. d'avoir accepté de m'encadrer, et pour ses conseils et ses orientations, ainsi que son soutien moral et scientifique.

Je dois remercier particulièrement :

- Mr ABDEREZAK LARBI, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*
- Mr GHELAMALLAH AMINE pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

Je tiens à exprimer ma profonde et respectueuse gratitude à Mr FODIL MUSTAPHA KAMEL mon Co-encadreur de mémoire, qui m'a proposé ce thème, pour ses conseils et orientations qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Je me dois aussi d'exprimer ma gratitude aux personnes qui travaillent dans la ferme expérimentale FODIL AHMED CHAWKI KAPTANIA et surtout ALI, HOUARI, BACHIR, qui m'a donné tout ce dont j'ai eu besoin pour mon travail.

J'exprime mes remerciements à M^{lle} RACHIDA la responsable du laboratoire de pédologie.

Enfin, je remercie mes collègues de promotion, et tous ceux qui ont participé des prés ou loin à la réalisation de ce travail.



Merci beaucoup

Dédicace



Je dédie ce travail à :

- ✓ Mon dieu l'unique maître des terres et des cieux
- ✓ Mes très chers parents pour leurs Encouragements et leurs Soutenances durant chaque étape de ma vie.
- ✓ Mon petit frère et Mes sœurs.
- ✓ Mes chers amis (es) : Djaouad, Yasser, Kada, Sami, Amine, Larbi, Amar, Okba, Bouabdellah, Bekhaled, Hichem, Yacine et Kader Tous les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail.
- ✓ La chère et précieuse Halima
- ✓ Toute ma promotion d'agronomie et surtout celle d'APV 2016/2017



Résumé

Ce travail a été réalisé dans la ferme expérimentale FODIL Ahmed Chawki KAPTANIA se propose d'étudier l'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote par hectare sur la culture de blé dur variété « Simeto » installées par semis direct durant la saison agricole 2016/2017. Trois modes de fractionnement et un témoin ont été testés sur cette variété selon un modèle expérimental en blocs aléatoires complets. La hauteur de la plante, le rendement en grains, nombre d'épis/m², nombre des grains par épi, PMG et le taux d'azote contenu dans la plante ont été déterminés. Les résultats obtenus ont montré des effets significatifs sur l'ensemble des paramètres étudiés. Cette étude confirme qu'une dose de 3 Qx d'azote/ha, appliquée en deux fractions (½ au tallage + ½ à la montaison) est plus efficace. On a amélioré à la fois les composantes des rendements comparativement aux autres traitements.

Mots clés: Fertilisation azotée, fractionnements, doses, blé dur, composantes du rendement, taux d'azote.

Abstract

This work was carried out in the experimental farm FODIL Ahmed Chawki KAPTANIA proposes to study the effect of fractionation of a single dose of nitrogen on hectare on the cultivation of durum wheat variety "Simeto" installed by direct seeding during the season Agricultural policy 2016/2017. Three split nitrogen fertilizations with check treatment were tested on this local variety according to an experimental model in complete random blocks. Plant height, grain yield, number of ears / m², number of grains per ear, PMG and nitrogen content in the plant were determined. The results obtained showed significant effects on all the parameters studied. This study confirms that a dose of 3Qx nitrogen / ha applied in two fractions (½ to tiller + ½ at run) is more efficient. Both the yield components and the other treatments were improved.

Key words: Nitrogen fertilization, split application,, doses, durum wheat, yield components, nitrogen rate

ملخص

تم انجاز هذا العمل على مستوى المزرعة التجريبية فوضيل احمد شوكي كابتانيا يهدف الى دراسة تقسيم جرعة واحدة من النيتروجين في الهكتار من القمح القاسي النوع سيميتو المثبتة من قبل البذر المباشر خلال الموسم الزراعي 2017/2016 تم اختبار ثلاثة أنماط تقسيم وشاهدا على نوعية محلية بحسب العشوائية نموذج تجريبي عشوائي كامل. ارتفاع النبات، محصول البذور، وعدد من السنابل في المتر المربع الواحد، عدد الحبوب في السنبل، وزن الف حبة ومحتوى النيتروجين الموجود في النبات. اظهرت النتائج اثار كبيرة على جميع القياسات المدروسة. تؤكد هذه الدراسة ان جرعة من 3 قنطار من النيتروجين/هكتار، تطبق الى تيارين (2/1 في مرحلة الاشطاء + ½ في مرحلة الاستطالة) اكثر فعالية. وقد تحسنت على حد سواء عوائد مكونات مقارنة مع العلاجات الأخرى

الكلمات المفتاحية: الاسمدة النيتروجينية، التجزئات، الجرعات، القمح القاسي، مكونات المحصول، ومحتوى النيتروجين

SOMMAIRE

| | |
|---|----------|
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE I : DONNES BIBLIOGRAPHIQUE | |
| I. Généralité sur le blé dur | |
| 1.1. Introduction | 2 |
| 1.2. Historique des céréales | 2 |
| 1.3 Situation économique du blé dur | 3 |
| 1.3.1. Le blé dur dans le monde | 3 |
| 1.3.1.1. Production | 3 |
| 1.3.2. Importance du blé dur en Algérie | 3 |
| 1.3.2.1 Production et superficie | 4 |
| 1.3.3- Aperçus sur la céréaliculture dans la wilaya de Relizane | 5 |
| 1.3.3.1La superficie | 5 |
| 1.3.3.2. Production | 5 |
| 1.4 Origine du blé | 6 |
| 1.5. Caractéristiques botaniques et morphologiques | 7 |
| 1.5.1 Botanique | 7 |
| 1.5.2 La plante | 7 |
| 1.5.3 Description du grain du blé dur | 7 |
| 1.6. Le cycle végétatif du blé dur | 9 |
| a- La germination et la levée | 9 |
| b- Le tallage | 9 |
| c- La montaison –gonflement | 10 |
| d- L'épiaison-floraison | 10 |
| e- Le remplissage et la maturation du grain | 10 |
| 1.7. Exigences agro-climatiques du blé dur | 11 |

| | |
|---------------------------|----|
| 1.7.1. La température | 11 |
| 1.7.2. L'eau | 12 |
| 1.7.3. La lumière | 13 |
| 1.8. Les maladies du blé | 13 |
| 1.8.1 Les rouilles | 13 |
| 1.8.1.1 La rouille jaune | 13 |
| 1.8.1.2 La rouille brune | 14 |
| 1.8.2 Fusarioses | 14 |
| 1.8.3 Septorioses | 15 |
| 1.8.4 Oïdium des céréales | 16 |
| 1.8.4 La tache auréolée | 16 |

CHAPITRE II : FERTILISATION DE BLE DUR

| | |
|--|----|
| Introduction | 17 |
| 2.1- Applications des fertilisants NPK | 17 |
| 2.1.1- Applications de P et K | 17 |
| 2.2- La fertilisation azotée du blé | 17 |
| 2.2.1 - Les engrais azotés | 17 |
| 2.2.2- Les engrais naturels | 18 |
| 2.2.3- Importance et rôle de l'azote dans le végétal | 18 |
| 2.2.4- Variation des besoins azotés du blé au cours du cycle | 19 |
| 2.2.5- Effet de l'azote selon les stades végétatifs | 20 |

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

| | |
|--|----|
| I. Présentation de la région d'étude | 22 |
| 1.1. Localisation de l'expérimentation | 22 |
| 1.2. Etude climatique de la région | 22 |
| 1.2.1. Température | 22 |

| | |
|---|----|
| 1.3. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN 1953 | 22 |
| 1.4. Conditions pédoclimatique lors du déroulement de l'essai | 24 |
| II. Matériels d'étude | 24 |
| 2.1. Matériel végétal | 24 |
| 2.2. Sol du site expérimental | 25 |
| 2.3. Engrais utilisés | 27 |
| 2.3.1. Un engrais de fond | 27 |
| 2.3.2. Engrais de couverture | 27 |
| 2.4. Eau d'irrigation | 27 |
| 2.5. Autres matériels | 27 |
| 3.1. Méthode expérimentale | 28 |
| 3.1.1. Dispositif expérimental | 28 |
| 3.1.2. Conduite de l'essai | 30 |
| a) Précédent cultural | 30 |
| b) Travail du sol | 30 |
| c) Apport l'engrais de fond | 30 |
| d) Le semis | 30 |
| e) Apport de l'azote | 30 |
| f) Désherbage | 31 |
| g) Irrigation | 31 |
| h) La récolte | 32 |
| 3.1.3. Doses d'engrais utilisés | 32 |
| 3.1.4. Paramètres étudiés | 32 |
| CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS | |
| 1- Analyse statistique | 34 |
| 2- Résultats et discussions | 34 |
| 2.1- Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la biomasse aérienne | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.2- Effet de fractionnement sur le rendement en paille | 35 |
| 2.3- Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la qualité de la production | 35 |
| 2.3.1- Effet sur nombre d'épis/m ² | 35 |
| 2.3.2- Effet sur la longueur d'épis | 36 |
| 2.3.3- Effet sur le nombre des grains/épi | 37 |
| 2.3.4- Effet sur le poids de 1000 grains | 37 |
| 2.4- Taux d'azote dans la plante de blé | 38 |
| 2.5- Effet du fractionnement d'azote sur le rendement en grain | 39 |
| CONCLUSION GENERALE | 41 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | |
| ANNEXES | |

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1: évolution de la production et des superficies emblavées au cours de la dernière décennie.

Tableau 2 : Evolution des superficies des céréales à Relizane en (ha).

Tableau 3 : composition moyenne des grains de blé (en %)

Tableau 4 : Températures (°C) et précipitations (mm) moyennes durant la période **2006-2016**

Tableau 5: La Pluviométrie et la température enregistrée durant la campagne **2016-2017**.

Tableau 6: les caractéristiques morphologiques culturales et qualitatives de la variété Simeto.

Tableau 7: Résultat l'analyse physico-chimique du sol.

Tableau 8 : les matériels utilisés dans laboratoire.

Tableau 9: produits herbicides utilisés.

Tableau 10: Analyse de la variance de la hauteur de la plante de blé dur selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

Tableau 11: Analyse de la variance de nombre d'épis/m² selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

Tableau 12: Analyse de la variance de la longueur d'épis selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

Tableau 13: Analyse de la variance du nombre des grains par épi selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

Tableau 14: Analyse de la variance du PMG selon le test de "NEWMAN ET KEULS"

(P = 5)

Tableau 15: Analyse de la variance du taux d'azote sur la plante de blé dur selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

LISTE DE FIGURES

Fig. N° 01 : Evolution des productions des céréales à Relizane en (quintal).

Fig. N° 02: Coupe d'un grain de blé (Fredot, 2005)

Fig. N° 03: Le cycle de développement du blé

Fig. N° 04 : la rouille jaune dans les feuilles

Fig. N° 05 : la rouille brune dans la feuille de blé dur

Fig. N° 06 : la fusariose dans les épis

Fig. N° 07 : la maladie de septoriose dans la feuille

Fig. N° 08 : oïdium de blé dur dans les feuilles

Fig. N° 09 : La tache auréolée dans les feuilles de blé dur

Fig. N° 10 : Absorption d'azote au cours de la croissance du blé (SOLTNER, 1999).

Fig. N° 11 : photo aérienne de la zone d'étude

Fig. N° 12 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Relizane durant la période 2006 – 2016.

Fig. N° 13 : le semis de blé dur

Fig. N°15 : l'irrigation de blé dur

Fig N°16 : Histogramme de la hauteur de la plante en cm

Fig N°17 : Histogramme du rendement de la paille T/ha

Fig N° 18 : Histogramme du nombre d'épis/m²

Fig N° 19 : Histogramme de la longueur d'épis

Fig N° 20 : Histogramme du nombre des grains par épi

Fig N°21: Histogramme du taux d'azote dans la plante de blé dur

Fig N°22 : Histogramme du poids de mille graines

Fig N°23 : Histogramme de rendement de grains qx/ha

Fig. N°24 : la technique de la minéralisation

Fig. N°25 : mode d'opération de la distillation

Fig. N°26 : la technique de titrage

ABREVIATIONS

CEI : communautés des états indépendants

CIC : Conseil internationales des céréales

Mt : millions de tonnes

INRA : Institut Nationale des Recherches Agricoles

D.S.A : direction des services agricole

Cm : centimètre

ml : millilitre

% : pour cent

C : Carbohydrates

N : Azote

P₂O₅ : phosphore

K₂O : potassium

Jr : jour

U : unité

°C : degré sers suce

CuSO₄ : Le sulfate de cuivre

Se : Sélénium

K₂SO₄ : Sulfate de di potassium

Les céréales occupent une place importante dans le monde. En Algérie, cette place est d'autant plus importante que le pays aspire atteindre une production stable de céréales, en particulier celle céréales d'hiver (Anonyme, 2007).

La production des céréales en Algérie, avec le blé dur comme l'espèce la plus cultivée en occupant 41% (Anonyme, 2009) demeure très insuffisante pour satisfaire la demande de ce produit de large consommation estimé par Zaghouane et al. (2006) à 220 kg/an/habitant. Avec une production faible dans le meilleur des cas et face à une demande sans cesse croissante.

A l'inverse de la production de céréales, la production demande un grand soin, plus de précision dans les procédures et davantage de compétences techniques

La fertilisation, elle-même, recouvre un vaste ensemble de techniques, de moyens et de produits, dont la mise en œuvre harmonieuse permet d'élever ou de maintenir la capacité des récoltes. La fertilisation azotée joue un rôle essentiel dans la plante, et reste le facteur limitant de l'augmentation de la production, à condition que les autres facteurs soient à leur optimum (condition climatique, techniques culturales,...).

Pour assurer à la fois un rendement élevé, il serait très utile de s'orienter vers la recherche d'une phytotechnie optimale qui joindra ce caractère, il convient ainsi d'évoquer l'élément clé pour l'élaboration des rendements en blé, telle la fertilisation azotée qui nécessite actuellement une gestion plus stricte, qui repose sur la stratégie d'adapter les apports aux besoins de la culture durant ses différents stades de développement (Justes 1993). Cette stratégie qui permet d'aider les agriculteurs à mieux raisonner les apports d'azote, débute par l'analyse de la relation causale entre les quantités d'azote absorbées et le rendement final en grains produit (Limaux 1999). En décomposant cette relation globale, on aboutit à l'idée qui relie les stades de formation des différentes composantes avec leurs besoins en azote, cela signifie qu'il faut proposer aux agriculteurs céréaliers des stratégies de gestion des apports azotés et des stades d'apport.

Pour répondre à cette préoccupation, La présente expérimentation pour but d'étudier l'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote sur la production du blé dur en zones semi-aride pour l'amélioration du rendement et ses composantes.

I. Généralité sur le blé dur

1.1. Introduction

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires de l'humanité, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines.

Principalement destinées à l'alimentation humaine (à hauteur de 75% de la production), les céréales assurent 15% des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et à des usages non alimentaires. (Feillet, 2000)

Depuis toujours, les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal.

De plus la majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grains, dont 96% sont produits par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticale...etc.

Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum*) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique.

1.2. Historique des céréales

Les produits céréaliers sont des aliments dont la matière première est constituée par les céréales.

En botanique, les céréales regroupent un certain nombre de plantes appartenant à la famille des graminées dont les grains sont utilisés en alimentation humaine et animale. Il existe treize (13) types de céréales. Parmi ces derniers on trouve le blé et le maïs. (Fredot, 2005)

Le blé est l'une des premières plantes recueillies et cultivées par l'homme. Des restes de blé diploïde et tétraploïde, qui remonteraient au VII^e millénaire av. J-C., ont été découverts par des archéologues travaillant sur des sites du Proche-Orient.

Le blé est d'origine asiatique, précisément de chine il a été cultivé en extension considérable il y a 4000 ans avant Jésus-Christ ; il a été la culture principale dans l'ancienne Egypte et la Palestine. (FAO, 2006)

1.3 Situation économique du blé dur :

1.3.1- Le blé dur dans le monde :

Le blé dur est relativement peu produit dans le monde. La production mondiale de blé dur ne constitue en moyenne que quelques 5% de la production totale mondiale au cours des dix dernières années, 20% de la production de blé dur est essentiellement échangée dans le monde (Anonyme, 2009).

On estime actuellement, que la superficie mondiale de blé dur est comprise entre 15 et 20 millions d'hectares dont plus de la moitié est concentrée autour du Bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen Orient (Anonyme, 2002).

1.3.1.1- Production :

La production mondiale de blé dur a atteint 40 millions de tonnes en 2009, en 2010 elle a connu une baisse avec une production de 34,4 Mt. L'Europe hors communautés des états indépendants (CEI), a produit en moyenne au cours des 10 dernières années 26% de la production mondiale. Viennent ensuite l'Amérique du Nord et centrale (24%), le Moyen-Orient (avec en particulier la Turquie et la Syrie) (18%), puis la CEI (12%) et l'Afrique du Nord (11%).

En 2010, la consommation mondiale a atteint 36 millions de tonnes (Mt) selon le Conseil international des céréales (CIC).

La zone méditerranéenne dans son ensemble consomme 62% du blé dur mondial c'est la principale zone importatrice de la planète.

1.3.2- Importance du blé dur en Algérie :

Les céréales d'hivers, en partie le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériennes et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale ; de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne. (Boulai et al. ,2007).

En Algérie, le blé dur est consommé sous plusieurs formes, essentiellement couscous, de pâtes alimentaires, de pain et de frik. (Anonyme, 2003) II.

L'importance économique est appréciée à travers trois principaux paramètres : La production, la consommation et les importations. (Anonyme, 1999).

1.3.2.1- Production et superficie :

La production locale est très variable, comme dans tout le Maghreb, est due aux travaux de recherches et d'amélioration peu développés, rajoutant les conditions climatiques non stables particulièrement la sécheresse.

Tableau 1: évolution de la production et des superficies emblavées au cours de la dernière décennie

| Année | Superficie emblavée (ha) | Production (q) |
|-------|-----------------------------|----------------|
| 2000 | 1485.830 | 4.863.340 |
| 2001 | 1.419.040 | 12.388.650 |
| 2002 | 1.350.740 | 9.509.670 |
| 2003 | 1.321.580 | 18.022.930 |
| 2004 | 1.372.495 | 20.017.000 |
| 2005 | 1.314.949 | 15.687.090 |
| 2006 | 1.357.987 | 17.728.000 |
| 2007 | 1.250.000 | 18.060.000 |
| 2008 | 1.230.601 | 09.350.000 |
| 2009 | 1.262.842 | 24.300.000 |

Source : (Anonyme, 2009).

1.3.3- Aperçus sur la céréaliculture dans la wilaya de Relizane :

La production agricole dépend à la fois du rendement de la culture et de la surface cultivée. L'intérêt accordé au blé dur est justifié par un nombre de caractères qui lui permettent de s'adapter au climat méditerranéen, la principale activité en zone rurale est l'agriculture, au niveau de notre wilaya, la céréaliculture a connu une dynamique d'extension notable.

1.3.3.1 La superficie :

Tableau 2 : Evolution des superficies des céréales à Relizane en (ha)

(Source : D.S.A. 2017).

| Compagne | Blé dur | Blé tendre | Orge | Avoine | Total |
|-----------|---------|------------|-------|--------|--------|
| 2006/2007 | 50594 | 36645 | 24500 | 6998 | 118737 |
| 2007/2008 | 21325 | 7347 | 5510 | 1800 | 37982 |
| 2008/2009 | 54625 | 33235 | 27480 | 6875 | 122215 |
| 2009/2010 | 61395 | 35475 | 29985 | 7310 | 134165 |
| 2010/2011 | 63540 | 35750 | 28345 | 7560 | 135195 |
| 2011/2012 | 63987 | 36245 | 27544 | 7700 | 135476 |
| 2012/2013 | 62490 | 36493 | 29997 | 6988 | 135968 |
| 2013/2014 | 62764 | 36170 | 28257 | 6178 | 133369 |
| 2014/2015 | 63690 | 34884 | 28129 | 5911 | 132614 |
| 2015/2016 | 15388 | 7091 | 9044 | 1546 | 33069 |

Source : DSA, 2017

Les céréales figurent comme étant la principale culture agricole dans la wilaya. Ces dernières dix années La superficie destinée à la céréaliculture varie d'une année à l'autre selon la pratique de la jachère, avec un accroissement de l'ordre de 118737 en 2006 ha à 132614 ha en 2015.

1.3.3.2. Production

La production céréalière fait vivre une grande partie de la population rurale ; comme pour toute l'Algérie la céréaliculture est caractérisée par une irrégularité de production et cela est lié principalement aux conditions bioclimatiques notamment les précipitations et l'itinéraire technique de la culture dont la plus part des agriculteurs suivent des méthodes classiques.

On peut diviser ces dix 10 dernières années de production en trois phases principales :

- La 1ère phase du 2007 au 2011 (minimum) avec une production de 710763 q ;
- La 2ème phase du 2011 au 2014 (maximal) avec un pic de la production de 1.2 millions q ;
- La 3ème phase 2014 au 2016 avec une réduction de la production.

Durant ces 10 dernières années le blé dur vient toujours en première position avec une production moyenne de 7668157 qx, suivi par la culture de blé tendre de moyenne de production de 4254741 qx, après une culture de l'orge de moyenne de production de 3608273 qx. L'avoine vient à la dernière position avec une production de moyenne de 575975 qx.

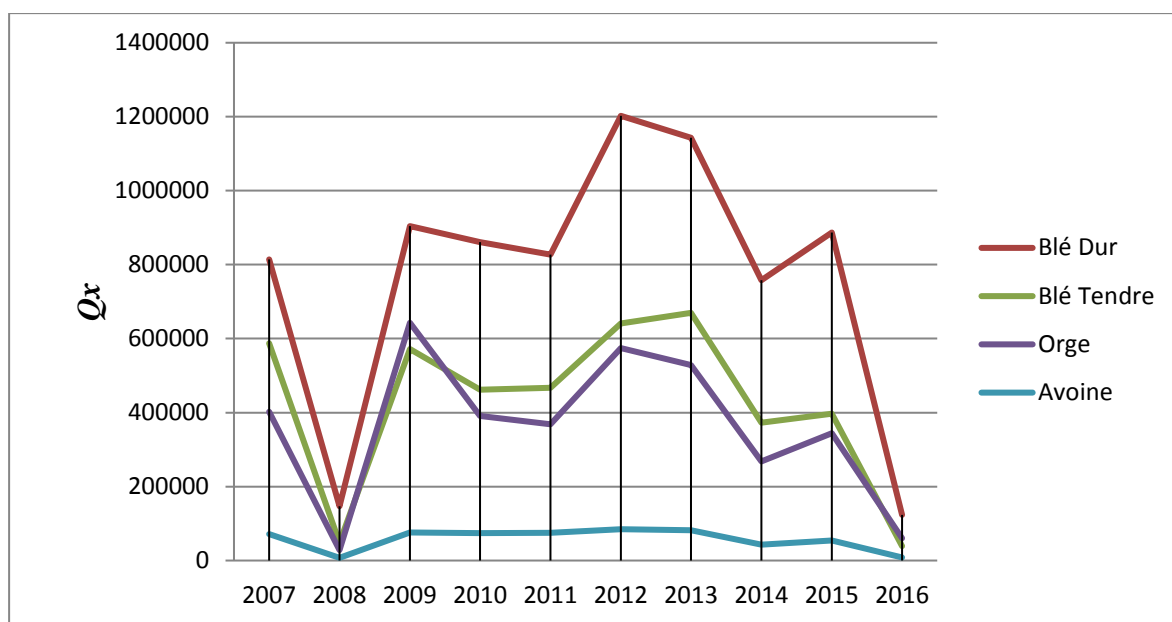


Fig. N° 01 : Evolution des productions des céréales à Relizane en (quintal).

(Source : DSA. 2017)

1.4 Origine du blé

Le blé constitue le genre *Triticum* qui comporte de nombreuses espèces, se répartissant en trois groupes selon leur nombre de chromosomes : Allioui (1997)

- Le groupe Diploïde : ($2n = 14$ chromosomes) ou *triticum monococcum*
- Le groupe Tétraploïde : ($2n = 28$ chromosomes) ou *triticum dicoccum* (Amidonier), ici on trouve *Triticum durum* (blé dur).
- Le groupe Héxaploïde ($2n = 42$ chromosomes) ou *triticum sativum*.

1.5. Caractéristiques botaniques et morphologiques

1.5.1 Botanique

Le blé appartient à

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiosperme
- Classe : Monocotylédones
- Ordre : Poales
- Sous ordre : Comméliniflorale
- Famille : Graminacées ou Poacées

1.5.2 La plante

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes, formées d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles car à chlamydes, elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes.

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale. Ils se présentent comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles.

Parmi les autres caractères de cet appareil végétatif, il existe dans l'épiderme une concentration de multiples amas de silice microscopiques mais très durs.

1.5.3 Description du grain du blé dur

Le grain du blé est un fruit dont le nom botanique est caryopse. Le fruit proprement dit se réduit à la partie externe constituée par des enveloppes (téguments) très sèches et dures. Celles-ci assurent la protection du grain qu'elles renferment et sont formées de tissus provenant de la plante mère.

Structure extérieure

Le grain du blé a une longueur variant de 5,5 à 7,5 mm, son diamètre varie de 3 à 4 mm.

Structure interne

■ L'Ecorce

Elle représente environ 17% du poids du grain. Elle est constituée de plusieurs couches:

- Le péricarpe est une enveloppe avec des cellules dont la membrane est épaisse et dont l'utilisation digestive est médiocre.
- Le tégument séminale contient les colorants du grain qui lui donnent sa couleur jaune marron.
- La bande hyaline est un ensemble de cellules transparentes.
- L'assise protéique ou couche «aleurone» (Aleurone étant une substance protidique de réserve) qui est riche en protéines, vitamines (elle contient près du 1/3 des vitamines B₁ et B₂ et environ les 2/3 des vitamines B₆ et B₃ du grain), minéraux, lipides, cellulose et lignine.

■ L'Albumen ou Amande

Elle représente 80 % du poids du grain et sa partie inférieure est délimitée par le germe.

C'est une substance blanche, friable, constituée d'un ensemble de grains d'amidon (70 % de l'amidon total) entourés par un réseau de gluten (nature protéique) mais elle est pauvre en minéraux. Le gluten est responsable de l'élasticité de la pâte malaxée ainsi que de la masticabilité des produits à base de céréales cuits au four.

■ Le germe

Il représente 3 % du poids du grain et il est riche en vitamines et lipides. Il est constitué de 2 parties:

- L'embryon (figure 2): est la partie essentielle de la graine permettant la reproduction de la plante ; en se développant il devient à son tour une jeune plante.

Du fait qu'il contient beaucoup de matières grasses (environ 15%), ou d'huiles, et qu'il pourrait donc rancir, le germe est souvent éliminé lors du nettoyage des grains. Les embryons de céréales sont vendus dans les boutiques de diététiques car ils sont considérés comme très sains en raison de leur haute teneur en sels minéraux, vitamines, protéines et huiles.

- Le scutellum (figure 2) qui entoure l'embryon, le protège et joue un rôle nourricier. (Fredot, 2005)

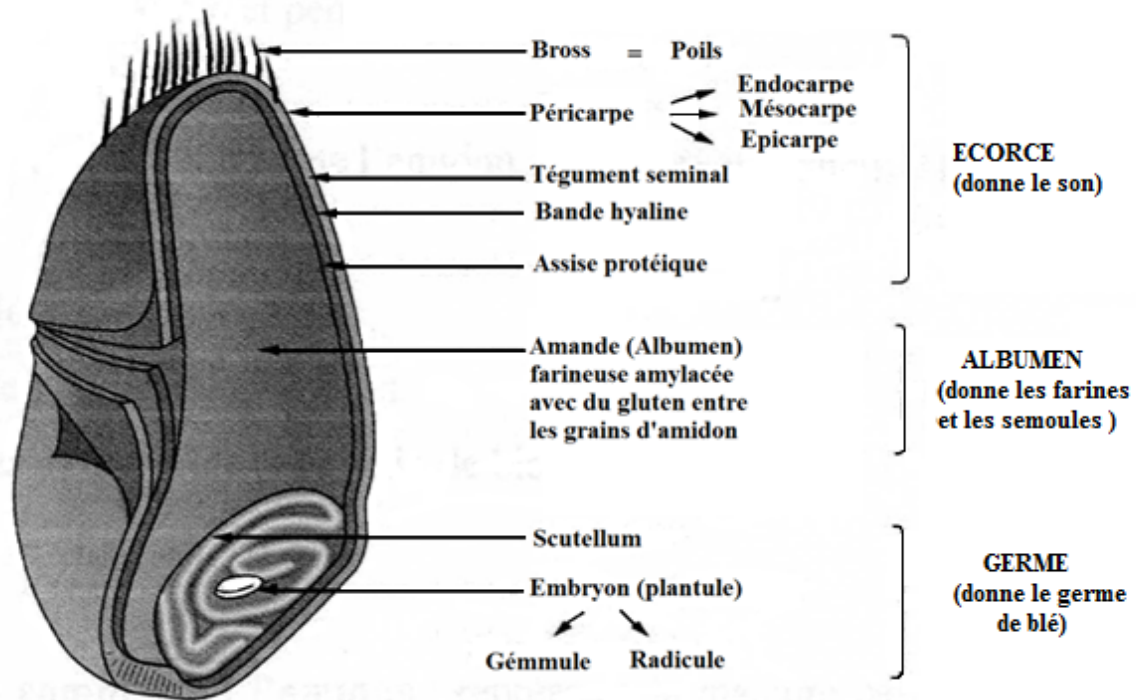


Fig. N° 02: Coupe d'un grain de blé (Fredot, 2005)

Tableau 3 : composition moyenne des grains de blé (en %)

| Espèce | Eau | Amidon et petits glucides | lipides | Cellulose hemicellulose pentosanes | minéraux | Vitamines en mg pour 100g de grain |
|--------|-----|---------------------------|---------|------------------------------------|----------|------------------------------------|
| Blé | 13 | 65 | 1.7 | 4.9 | 3.0 | 6.64 |

(B.Godon et C.William, 1991)

1.6. Le cycle végétatif du blé dur

a- la germination et la levée

Au cours de la germination la coléorhize s'épaissit en une masse blanche et brise le tégument de la graine au niveau du germe, c'est le début de l'émission des racines primaires, garnis de poils absorbants. En même temps, la coléoptile, gainant la première vraie feuille, s'allonge vers la surface, où il laisse percer la première feuille, c'est la levée. La deuxième et la troisième feuille suivent bien après.

b- Le tallage

Sitôt émise la troisième feuille émise, le deuxième entre-nœud qui porte le bourgeon terminal s'allonge à l'intérieur de la coléoptile et stoppe sa montée à 2 cm sous la surface du sol, pour former le plateau de tallage. A l'aisselle des feuilles (à partir de la quatrième feuille),

des bourgeons axillaires entrent alors en activité pour donner de nouvelles talles. La première talle se forme à la base de la première feuille et la deuxième talle à la base de la deuxième feuille. Les bourgeons axillaires à l'aisselle des feuilles des talles donnent naissance à l'émission de talles secondaires.

c- La montaison -gonflement

Elle se distingue par la montée de l'épi sous l'effet de l'élongation des entrenœuds qui constituent le chaume. Les talles montantes entrent en compétitions pour les facteurs du milieu avec les talles herbacées qui de ce fait n'arrivent pas à monter en épis à leur tour. Ces dernières régressent et meurent (Masle, 1982). Ce phénomène se manifeste chez les jeunes talles par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (Masle, 1981).

d- L'épiaison-floraison

Une fois l'épi émerge de la gaine de la feuille étendard, c'est le stade épiaison, au cours duquel la formation des organes floraux se termine. La floraison débute 4 à 5 jours plus tard. Durant la floraison, les fleurs demeurent généralement fermées (fleurs cléistogames), et les trois anthères éclatent et libèrent le pollen (anthèse). Les fleurs s'ouvrent rarement avant la libération du pollen. La floraison dure de trois à six jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute au centre de l'épi, puis se poursuit vers les deux extrêmes de l'épi. La durée de réceptivité du stigmate de blé dépend de la variété et des conditions du milieu, mais se situe entre 3 à 13 jours. Une fois fécondée, l'ovaire grossit rapidement. Au bout de deux semaines après la fécondation, l'embryon est physiologiquement fonctionnel et peut produire une nouvelle plantule (Bozzini, 1988).

e- Le remplissage et la maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. Elle correspond à l'élaboration de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids du grain, suite à la migration des substances glucidiques produites par la feuille étendard et stockées dans le pédoncule de l'épi (Gate, 2003). Elle exige la chaleur et un temps sec, elle se fera sitôt en plusieurs étapes, la maturité laiteuse (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin), la maturité physiologique (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué), la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 20 %), le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

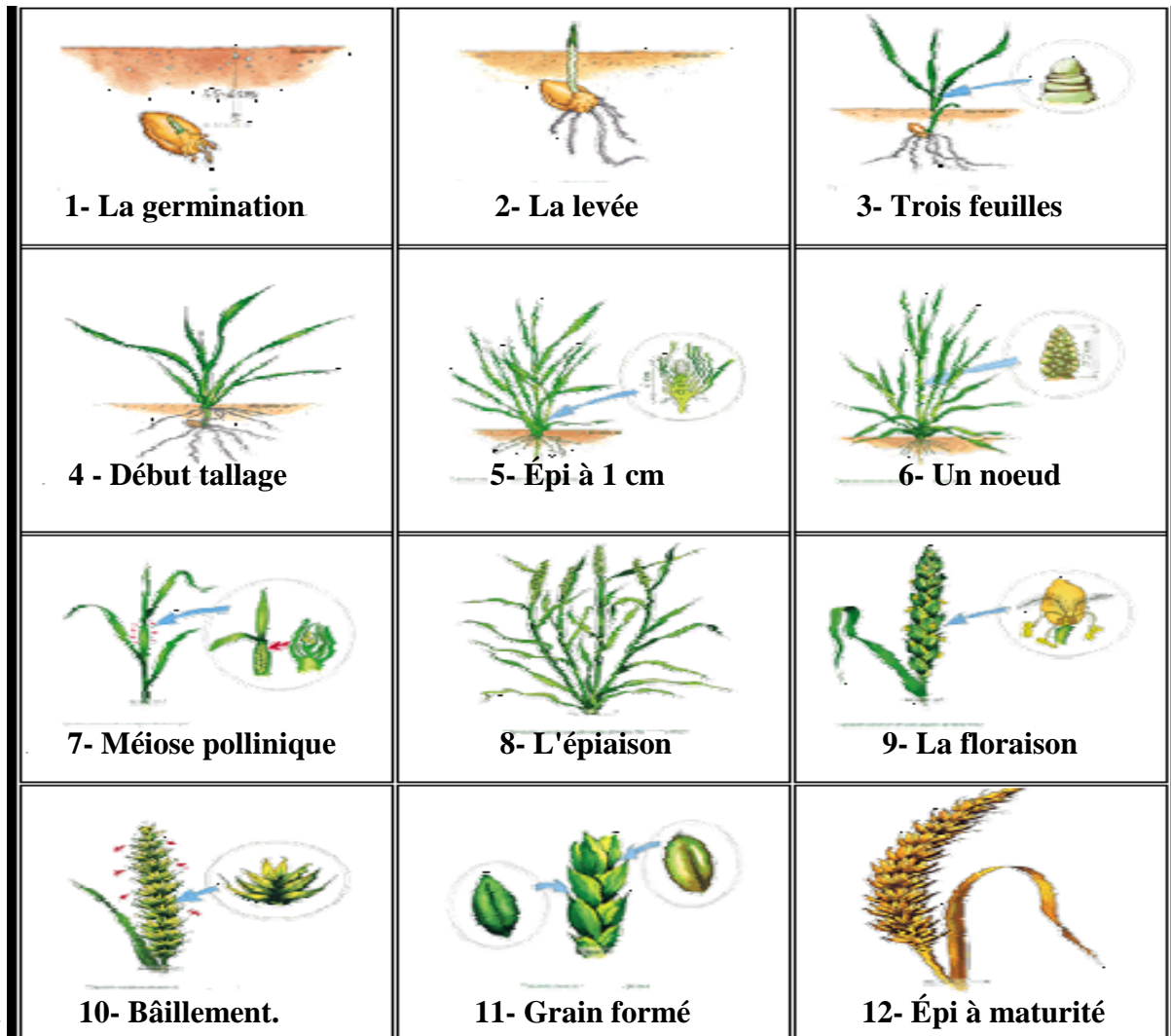


Fig. N° 03: Le cycle de développement du blé

1.7. Exigences agro-climatiques du blé dur

Afin d'assurer les conditions nécessaires au bon développement des céréales et par conséquent, obtenir le meilleur rendement, une bonne connaissance des exigences biologiques des plantes s'impose.

Le blé dur, comme toutes les céréales, exige certaines conditions du milieu sans lesquelles les bons rendements sont impossibles à atteindre.

1.7.1. La température

Pour sa germination, les graines nécessitent une quantité de chaleur proportionnelle à des températures journalières exprimées en degrés. Pour le blé cette somme de température varie selon la variété entre 80°C à 122°C, par conséquent plus la température moyenne est élevée, plus la durée de germination est courte.

La température varie durant la période végétative; le tallage du blé commence à partir de 2°C à 3°C, il est rapide entre 15°C à 19°C.

Cependant, la montaison s'effectue normalement, lorsque la température extérieure est supérieure à 5°C, l'optimal pour cette phase se situe entre 16°C et 18°C.

L'épiaison et la floraison se déroulent normalement sous une température de 20°C et 22°C. Pour éviter les dégâts provoqués par une température critique précoce; on choisit le bon moment du semis.

La résistance du blé dur au froid dépend des façons culturales, les engrais azotés surtout apportés séparément et à forte dose abaissant la résistance au froid tandis que les engrais phosphatés et potassiques l'augmentent.

1.7.2. L'eau

Les exigences du blé sont supérieures à celles de l'orge. Elles sont de l'ordre de 600 mm (irrigation).

Elles varient pendant la végétation comme suit:

- De la levée jusqu'à la fin tallage, les besoins en eau sont relativement faibles; le système racinaire explore les couches superficielles qui sont à ce moment humides et trouvent sans difficulté l'eau nécessaire à la plante qui se développe normalement.

De la fin du tallage jusqu'à l'épiaison en raison de l'augmentation intensive de la masse végétative, les besoins en eau augmentent sensiblement.

L'insuffisance en eau dans les couches superficielles à ce moment freine le développement des parties aériennes et la formation de l'épi, c'est pour cette raison qu'on décrit cette période comme critique, durant laquelle chaque insuffisance en eau peut avoir des conséquences graves pour la production.

Jones cité par Menard 1980 souligne qu'un déficit hydrique diminue les grains, soit en provoquant une réduction de la croissance de l'épi, soit en perturbant les processus de fécondation des ovules.

De l'épiaison jusqu'au début de la formation des graines le blé a un grand besoin en eau et réagit négativement en cas sécheresse ou de sirocco.

Pendant la formation des graines jusqu'au stade laiteux - pâteux, les matières organiques existantes dans la plante sont transportées des différents organes vers l'épi et les graines.

Pour que ce processus soit normal, de petites quantités d'eau sont encore nécessaires, l'insuffisance en eau à ce moment fait baisser considérablement le rendement.

Du stade laiteux jusqu'à la fin de la période végétative les besoins en eau sont pratiquement nuls.

L'augmentation de l'humidité pendant cette période est néfaste et pourrait être la cause de la mauvaise qualité des grains et de leur pourriture.

1.7.3. La lumière

Le blé dur a des exigences déterminées en lumière, l'insuffisance de cette dernière entraîne l'étiollement des feuilles, l'affaiblissement des tiges et enfin la verse.

C'est surtout la densité de semis qui est en rapport avec l'intensité de la lumière nécessaire. La compétition pour la lumière dans un peuplement se traduit par l'ombrage mutuel des plantes

Baldy (1973) souligne que la lumière, étant le facteur essentiel de la photosynthèse, est très souvent invoquée comme facteur limitant de la croissance du peuplement, surtout pendant la montaison qui correspond à une très forte augmentation d'encombrement de l'espace. Donc pour augmenter l'éclairage du blé on diminue la dose de semis et on oriente les rangs vers le soleil.

1.8. Les maladies du blé

1.8.1 Les rouilles

1.8.1.1 La rouille jaune

Facilement repérable, c'est une maladie typiquement de foyer. Sur les feuilles, des stries jaunes apparaissent le long des nervures au printemps. Elles sont constituées de pustules alignées sur le limbe (visible à la loupe). En fin de cycle, ces pustules prennent une coloration

noire. La maladie est peu fréquente dans la région et ne touche en général que les variétés les plus sensibles.



Source : Syngenta France

Fig. N° 04 : la rouille jaune dans les feuilles

1.8.1.2 La rouille brune

Maladie affectant les feuilles, des pustules rouges à brunes apparaissent sur le limbe de façon aléatoire préférentiellement sur la face supérieure. Ces pustules deviennent noires en fin de cycle. Le doigt prend la coloration brune au passage sur le limbe, on l'observe à la fin de montaison.



Source : Syngenta France

Fig. N° 05 : la rouille brune dans la feuille de blé dur

1.8.2 Fusarioses :

C'est une maladie fongique. Sur le pied et tige, stries noires qui s'étendent sous forme de trait de plume en suivant les nervures. Sur les feuilles, taches avec grande macule vert

bouteille au centre et sur l'épi des taches noirâtre sur la base de la glume et échaudage, parfois partiel.



Source : Syngenta France

Fig. N° 06 : la fusariose dans les épis

1.8.3 Septorioses :

La maladie progresse des parties basses vers le haut des plantes. Les symptômes sont fonction des deux principales formes de septorioses : *Septoria tritici* et *Septoria nodorum*. La *Septoria tritici* attaque principalement les feuilles. Les taches sont visibles environ 3 semaines après la contamination. On l'observe possible dès l'automne, mais surtout à partir du stade montaison.



Source : Syngenta France

Fig. N° 07 : la maladie de septoriose dans la feuille

1.8.4 Oïdium des céréales :

La nuisibilité de l'oïdium est beaucoup plus faible que celle de la septoriose et des rouilles. De 0 à 10 qx/ha en blé pour attaque sur les épis. La fréquence de cette maladie est faible. Les dégâts se manifestent lorsque l'oïdium atteint la dernière feuille et l'épi, ce qui affecte les composantes du rendement (diminution du nombre de grain/épi et chute du poids de mille grains).



Fig. N° 08 : oïdium de blé dur dans les feuilles

1.8.4 La tache auréolée

Des taches brunes, rondes ou ovales, accompagnées d'un halo de chlorose apparaissent dès le mois d'avril si les températures sont entre 12 et 16°C et que l'humidité est présente. Elles peuvent s'étendre jusqu'à former un réseau nécrotique-chlorotique. Cependant, la présence de petites nécroses de couleur brun foncé au centre des taches chlorotiques est un critère distinctif des lésions de *P. tritici-repentis*.



Source : Syngenta France

Fig. N° 09 : La tache auréolée dans les feuilles de blé dur

Introduction :

L'apport d'une dose adéquate d'un bon engrais au bon moment et à l'endroit exact sont nécessaires pour l'obtention de bons rendements en paille et en grain et pour une bonne utilisation efficace de cet engrais. Ainsi, il est nécessaire d'apporter l'élément nutritif au moment où la plante en a besoin. Il est aussi recommandé de l'apporter quand la plante peut bien l'utiliser, ce qui implique le bon choix de la méthode d'incorporation de l'engrais au sol.

La fertilisation assure aussi une utilisation plus efficace de la terre et notamment de l'eau. Ce sont des facteurs importants dans les régions à faibles précipitations ou dans des situations où l'irrigation est nécessaire ; tel est le cas où le rendement par unité d'eau utilisée pourrait être plus que doublé.

Il faut noter que le rendement potentiel d'une culture, le blé dans notre cas, est proportionnel aux doses croissantes des engrais alors que l'utilisation efficace de ces engrais est inversement proportionnelle aux rendements.

2.1- Applications des fertilisants NPK**2.1.1- Applications de P et K**

Le phosphore est un composant très important de la membrane cellulaire des végétaux et intervient aussi dans le processus de transfert de l'énergie cellulaire (ATP). Une bonne fertilisation phosphatée stimule également l'enracinement et accélère la maturité.

Le potassium est un élément majeur nécessaire à la croissance et au développement du blé. Il représente en moyenne 1 % de la matière totale du blé. Il est plus abondant dans les tiges et les feuilles que dans la synthèse des protéines, la division cellulaire et la résistance du blé aux maladies et à la verse. Il améliore l'utilisation efficace de l'eau par la plante. Il assure le maintien de l'équilibre normal entre les carbohydrates C et les protéines N. Il est présent dans le sol sous deux formes, organique et minérale, plus ou moins absorbées par la plante.

2.2- La fertilisation azotée du blé**2.2.1 - Les engrais azotés**

Selon Ghour (2006), les engrais azotés sont appliqués depuis plus de 150 ans. Jointes aux progrès de la sélection génétique et des itinéraires techniques, ils permettent d'atteindre des rendements culturels suffisamment élevés et assurer un faible coût de production.

De plus, pour assurer un développement durable et la protection de l'environnement, certains pays ont introduit un contrôle de la pollution par les engrais. La réduction de la consommation d'engrais ne s'est pas associée à une diminution de la production mais à une augmentation de l'efficacité d'utilisation des engrais, celle-ci étant estimée comme le rapport entre la quantité d'engrais apportée et la quantité absorbée. Le type d'engrais, le mode et la date d'apport ont permis cette amélioration. Des techniques comme la fertigation ont également permis d'augmenter sensiblement l'efficacité (Latiri, 2002).

2.2.2- Les engrais naturels

D'après Pontallier (1971), parmi les engrais dits naturels, il faut citer un certain nombre de produits qui sont utilisés pour la fertilisation des sols, contenant surtout de l'azote sous forme de composés organiques animaux ou végétaux. Cet azote est minéralisé et rendu accessible aux plantes par les microorganismes qui transforment l'azote organique d'abord en azote ammoniacal, puis en azote nitrique. Il faut que la teneur de l'un des éléments N, P₂O₅ ou K₂O dans les produits d'origine végétale ou animale soit supérieure à 3% ou que la somme des trois dépasse 7% (Christian Et Al, 2005).

Chevrier Et Barbier (2002) indiquent qu'ils sont représentés par l'ensemble des constituants organiques, morts ou vivants, fortement transformés ou non. Elles comprennent donc à la fois l'humus, des débris végétaux et des êtres vivants. Ces derniers doivent passer sous forme minérale avant d'être assimilés par la plante. Leur transformation variera en fonction de l'activité biologique du sol (Simon Et Al, 1989).

2.2.3- Importance et rôle de l'azote dans le végétal

L'azote est essentiel à la croissance des plantes, son action positive sur les rendements des céréales fait de lui un facteur limitant quand les autres facteurs sont à leur optimum (eau, conditions climatique, nutrition minérale et techniques culturales). Les agronomes le considèrent comme le pivot de la fumure car son apport au sol peut augmenter sensiblement les rendements des cultures (Pousset, 2002 ; Harrat, 2005).

D'après Belaid (1986), l'azote est un élément nécessaire à la multiplication cellulaire et au développement des organes végétatifs. Il joue un rôle prépondérant dans la synthèse des glucides et la constitution des réserves azotées ; et aussi dans la multiplication des chloroplastes, expliquant la couleur vert foncé après l'apport d'azote. De plus, il entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, il est donc le facteur déterminant de la croissance des organes végétatifs (Simon Et Al, 1989 ; Hamdi, 1994).

Ghouar (2006) pense qu'une plante qui est approvisionnée suffisamment en azote se développe rapidement et donne beaucoup de feuilles et de tiges. Par contre, Simon Et Al (1989) ; Gate, 1995 in Harrat (2005), notent qu'il y a des répercussions sur la plante lorsque l'azote se trouve en excès :

- Par l'augmentation du risque de verse du fait de l'élongation de l'état végétatif de la plante et la diminution du rapport C/N des premiers entre nœuds de la tige ;
- Par l'augmentation de la sensibilité à la sécheresse dans les situations à faibles disponibilités en eau, dans le sens où la production de la biomasse consécutive à l'azote absorbé, se traduit par une plus grande consommation d'eau ;
- Peut entraîner un retard de maturité : la période végétative va être allongée au détriment de la phase reproductrice ;
- Favoriser le développement des maladies cryptogamiques. La carence en azote, au contraire, se traduit par une réduction de taille et teinte vert jaunâtre. Les végétaux prennent un port dressé. Les bourgeons se développent mal ou n'évoluent pas ; chez les céréales, la réduction du tallage est particulièrement nette. Les racines apparaissent très longues, peu ramifiées et blanches. La croissance des feuilles est réduite ; leur coloration est plus claire ; l'interception du rayonnement solaire diminue et par conséquent la photosynthèse aussi (DIEHL, 1975 ; VILAIN, 1997 ; LEMAIRE Et Al, 1989 *In* BOUHIDEL, 2006).

2.2.4- Variation des besoins azotés du blé au cours du cycle

Vilain (1997) souligne que les besoins totaux sont ceux qui permettent sur l'ensemble du cycle végétatif de la plante, d'obtenir le rendement optimum et la meilleure qualité.

On mesure le besoin par la détermination de la teneur et de la masse d'azote aux différents stades du cycle.

L'azote contenu dans la plante au stade maturité est estimé à 94 mg. Environ de 80 % de l'azote présent dans toute la plante à maturité ont été prélevés au stade floraison. Presque 2/3 de l'azote qui constitue les feuilles, les tiges et les épis sont transférés vers le grain. A la récolte, plus de 75 % de l'azote total de la culture se trouve au niveau du grain (GHOUAR, 2006).

Selon Soltner (1999), les besoins sont toujours intenses. Ils sont faibles au début de la végétation mais à partir de stade tallage il y a une tendance ascendante de quantité d'azote contenu dans la plante (Grain, Paille). Il y a même accélération des besoins à la fin de la végétation puisque durant la courte période de la floraison à la maturité (Figure 10), le blé va absorber 40% de l'azote qui lui est nécessaire pour toute la culture.

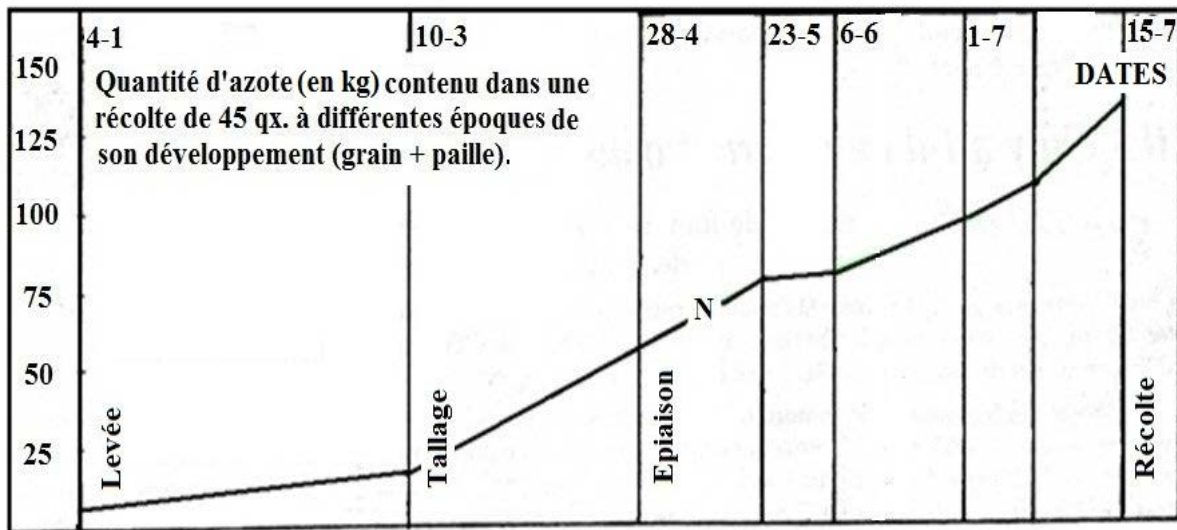


Fig. N° 10 : Absorption d'azote au cours de la croissance du blé (SOLTNER, 1999).

D'après SIMON Et *Al* (1989), les besoins en azote restent faibles jusqu'à la fin du tallage.

A ce dernier, on peut limiter la dose d'azote à un apport de 40 à 80 unités par hectare. Des disponibilités en azote abondantes ne peuvent être valorisées qu'en fin de tallage. Ce sont essentiellement les talles secondaires, formées tardivement, qui en bénéficieront, l'azote empêche momentanément leur régression qui se fera plus tard, lorsque la compétition pour la lumière surviendra. A partir du début de la montaison jusqu'à la floraison, les besoins du blé deviennent très importants et peut absorber jusqu'à 3 kg/ha/jr (Bahloul, 1989).

L'absorption d'azote par les racines s'arrête à la floraison. En conséquence l'azote contenu dans le grain résulte uniquement de la migration. Le stade de la formation des graines est marqué par la migration de l'azote des organes végétatifs vers les grains (Belaid, 1986 ; Simon et *al*, 1989).

2.2.5- Effet de l'azote selon les stades végétatifs

D'après Toutain (1979) et Ghouar (2006), les apports d'azote doivent être fractionnés suivants les stades du cycle végétatifs. Au tallage, l'influence de l'azote se manifeste sur la première composante du rendement ; Belaid (1986), note que l'azote agit sur cette dernière en augmentant le nombre de talles par plante. Kouadria (1987) et Djiar (1988), trouvent que l'apport de doses croissantes a une influence sur le degré de tallage où ils sont obtenus à un gain moyen en talle par plante par rapport au témoin sans azote égale 0.72 talles pour une dose de 50 unités et de 1.48 talles pour une dose de 100 unités et 2.64 talles pour 120 unités par ha.

De plus, l'azote a un effet direct sur la biomasse aérienne où une plante bien alimentée croît rapidement, produit une grande masse végétative de couleur vert foncé due à l'abondance de la Chlorophylle (Menad Et Ould-Said, 2003). Un manque d'azote durant le tallage entraîne une diminution de celui-ci et aussi une réduction de la croissance des tiges et des feuilles, les plus jeunes étant les plus affectées (Bahloul, 1989). Bensemra (1990) mentionne qu'au stade montaison, l'azote apporté permet d'émettre des épis, dont le nombre est fortement influencé par la nutrition azotée. De la dose 0 à la dose 140 unités par ha, le nombre d'épis par m² passe de 242 à 264. Par contre un manque d'azote pourrait se traduire par l'apparition d'épis moins fertiles contenant des grains souvent mitadinés. Durant cette période, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg d'azote/ha/jour avec un maximum pendant la phase floraison (Bahloul, 1989). Un manque d'azote durant la période végétative du blé se traduit par la baisse de nombre d'épis par mètre carré et l'apparition d'épis moins fertiles contenant des grains souvent mitadinés (Bensemra, 1990 ; Soltner, 1999).

Bahloul (1989) signale qu'au stade épiaison, les besoins deviennent très importants et la demande en azote s'accroît en liaison avec l'activité de croissance. La nutrition azotée à cette phase accroît le nombre de grains par épi. Cette composante s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote (Bensemra, 1990 ; Belloula, 1981). A la floraison, le blé aura absorbé 80 % environ de l'azote contenu dans la végétation à la récolte (Bahloul, 1989).

La plante absorbe pratiquement tout son azote dès le début du stade laiteux. A partir de ce stade, il y a transfert des réserves de la plante, des parties végétatives vers le grain (Viaux, 1980). Taureau En 1989, note que l'azote n'a pas d'influence sur la phase de remplissage du grain pendant laquelle la nutrition hydrique et la température jouent un rôle déterminant. Par contre Kouadria (1987) constate une baisse de poids de 1000 grains lorsque les doses d'azote augmentent de la dose 0 à la dose 120 U /ha, le poids passe de 29.48 à 26.57 g.

Cooper (1984) montre qu'en zone semi-aride, l'emploi de l'azote au semis augmente sensiblement le rendement. C'est un facteur déterminant pour le rendement (Anonyme, 1987). Par contre Bensemra (1990), constate que lorsque les doses augmentent, le rendement diminue. Ainsi, de la dose témoin à la dose 140 U /ha, le rendement passe de 16.02 q/ha à 11.38 q/ha. Il attribue cette baisse aux conditions climatiques défavorables (Températures, précipitations) enregistrées durant la campagne agricole (1989/1990).

I- Présentation de la région d'étude

1.1. Localisation de l'expérimentation

L'essai s'est déroulé, durant la campagne 2016/2017 sur la ferme expérimentale **FODIL Ahmed Chawki KAPTANIA** située dans la commune d'Ouarizane wilaya de Relizane. Elle se trouve au bord de la route nationale n°90 reliant Ouarizane à Oued Rhiou à une latitude de 36° 2' Nord, une longitude de 0° 53' Est et une altitude de 158 m. Elle a une superficie de 35 ha.



Fig. N° 11 : photo aérienne de la zone d'étude

1.2. Etude climatique de la région

La région d'OUARIZANE, se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par un hiver froid peu pluvieux et un été chaud

1.2.1. Température

- La température moyenne annuelle est de 19.70 °C (2006-2016).
- Les températures moyennes varient de 10 °C en janvier à 30 °C juillet (2006-2016).

1.3. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN 1953

Le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** permet de calculer la durée de la saison sèche important pour la station donnée, la pluviométrie moyenne mensuelle (P) et la température moyenne mensuelle (T) sur en graphe.

Ils sont construit en portant en abscisses les mois et en ordonnée précipitation sur un axe placé à gauche et les températures sur un second axe placé à droite. L'échelle de la pluviométrie est double de celle de la température ($P=2T$).

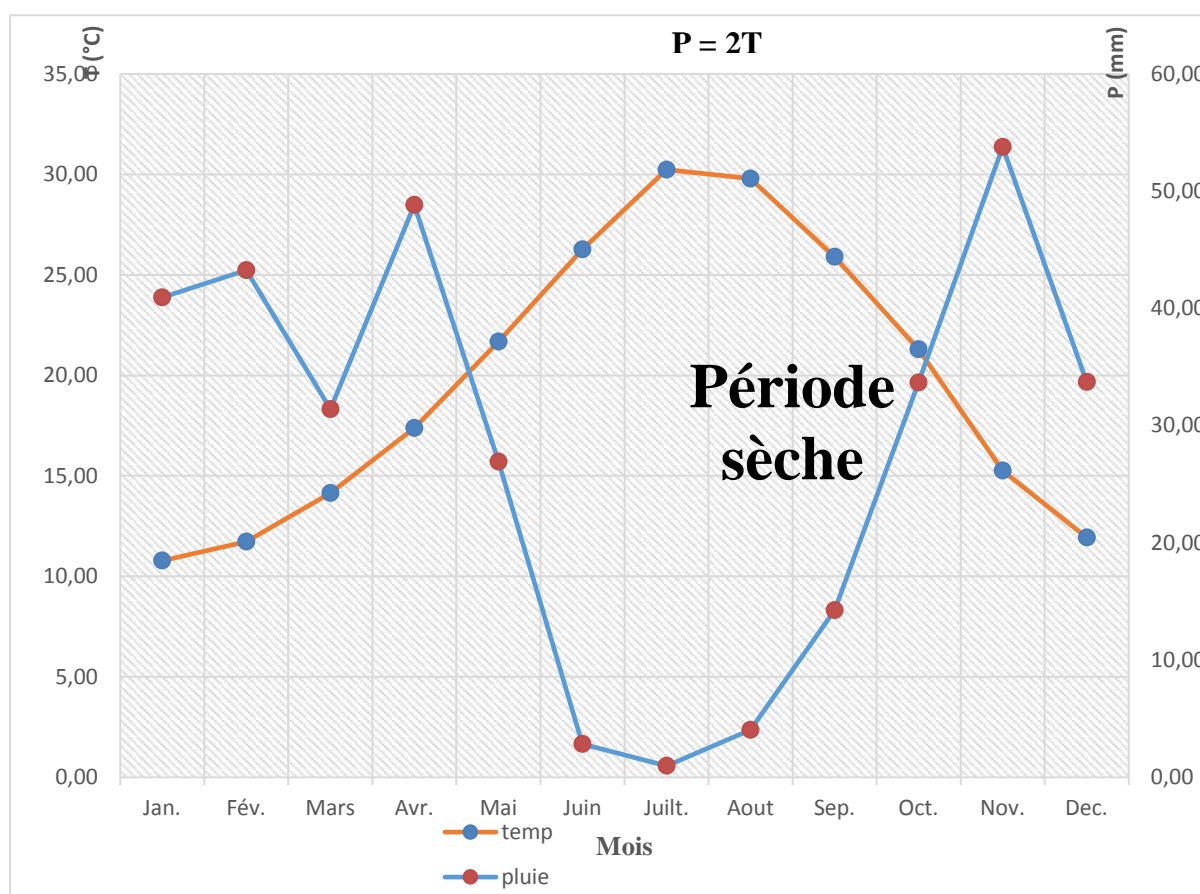


Fig. N° 12 : Diagramme Ombrothermique de Gausсен de la région de Relizane durant la période 2006 – 2016.

Sur le **Tableau 4**, sont reportées les valeurs moyennes des précipitations et températures calculées durant la période (2006 - 2016).

Tableau 4 : Températures (°C) et précipitations (mm) moyennes durant la période 2006 à 2016

| Mois | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juill. | Aout | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T (°C) | 10,78 | 11,73 | 14,14 | 17,38 | 21,68 | 26,27 | 30,24 | 29,79 | 25,9 | 21,3 | 15,27 | 11,94 |
| P (mm) | 40,93 | 43,26 | 31,41 | 48,83 | 26,93 | 2,84 | 0,98 | 4,05 | 14,27 | 33,67 | 53,77 | 33,74 |

Source : INRA H'madna, 2017

1.4. Conditions pédoclimatique lors du déroulement de l'essai

1.4.1 La pluviométrie

On constate que durant la campagne (20016/2017), la pluviométrie enregistré est faible (177.52) et par conséquent les besoin en eau de la plante seront insuffisante (tableau 5)

1.4.2 La température

Des bases températures ont été enregistrées au cours du mois de janvier (9,7 °C) alors que les température maximales (21.2 °C) ont été enregistrées au cours du mois de octobre(tableau 5).une basse température peu ralentir la croissance tandis qu'une hausse peut causer des accidents.

Tableau 5: La Pluviométrie et la température enregistrée durant la campagne 2016-2017

| Mois | Déc | Jan | Fév | Mars | Avr | Mai |
|----------|------|-------|------|-------|------|------|
| Pré (mm) | 27 | 114.6 | / | 17.21 | 12.5 | 6.21 |
| T (°C) | 12.8 | 9.7 | 11.3 | 13.9 | 17.3 | 23.9 |

Source : barrage GARGAR 2017

II. Matériels d'étude

2.1. Matériel végétal

Pour nos essais La variété utilisée est le blé dur *Triticum durum* Simeto d'origine Italienne.

Le tableau suivant présente les caractéristiques morphologiques culturales et qualitatives de la variété expérimentées.

Tableau 6: les caractéristiques morphologiques culturales et qualitatives de la variété Simeto

| Variété | Simeto |
|--|-----------------|
| Caractéristique | |
| Caractéristiques morphologiques | |
| Compacité de l'épi | Clares |
| Couleur de l'épi | Glume claires |
| Hauteur de la plante à la maturité | 80-90 cm |
| Caractéristiques culturales | |
| ➤ Alternative | Printemps |
| ➤ Cycle végétatif | Tardif |
| ➤ Résistance : | |
| • Au froid | Peu sensible |
| • A la verse | Très sensible |
| • à la sécheresse | Sensible |
| • à la maladie | |
| - Rouille jaune | Assez résistant |
| - Rouille brune | Assez sensible |
| ➤ Conditions techniques | |
| - Date de semis | Nov/déc |
| - Dose de semis Kg/ha | 130/150 |
| ➤ Fertilisation U/ha | |
| N | 46 |
| P | 46 |
| K | 46 |
| Caractéristiques qualitatives | |
| PMG | Elevé |
| Métadinage | Moyen |
| Qualité soumélière | Blé correcteur |

Source : (Boufenan et al.2006)

2.2. Sol du site expérimental

Pour caractériser le sol de notre parcelle expérimental, nous avons effectués quelques analyses physico-chimiques. L'analyse a été réalisée dans l'institut de Système Intégré d'Analyse et de Recommandation de Fertilisation (Annaba)

Notre analyse a porté sur deux échantillons moyens prélevés à deux profondeurs (0-20 cm et 20-40 cm). Les prélèvements effectués à la tarière avaient la mise en place de notre essai.

Tableau 7: Résultat l'analyse physico-chimique du sol.

| Eléments | Moyenne |
|-----------------------|---------|
| pH | 8.53 |
| Conductivité (ms/cm) | 0.316 |
| C/N | / |
| Carbonates (%) | / |
| Calcaire actif (%) | / |
| Matière organique (%) | 0.19 |
| N total (%) | 0.140 |
| Phosphore (ppm) | 0.01 |
| Potassium (ppm) | 0.4 |
| Magnésium (meq/100g) | 0.5 |
| Calcium (meq/100g) | 39.0 |
| Sodium (meq/100g) | 0.2 |
| Argile (%) | 3 |
| Sable (%) | 92 |
| Limon (%) | 5 |

Ce tableau montre les résultats suivants :

- **pH** : Le pH de notre parcelle expérimentale est très alcalin.
- **Granulométrie** : notre sol a une texture sableuse.
- **Azote** : notre sol est moyennement pauvre en azote.
- **Matière organique** : la quantité de la matière organique est indispensable pour le sol car elle est la source des éléments nutritifs pour les plantes et pour amélioration de la structure du sol

2.3. Engrais utilisés

Pour cette expérimentation, nous utilisons un engrais de fond et engrais de couverture :

2.3.1. Un engrais de fond

Engrais organo-minéral de fond contenant de l'azote total et de Pentoxyde de phosphore (7/17/0). Conçu pour la fertilisation pré-semis ou pré-transplantation. Permet un développement rapide et uniforme des plantes après la germination et favorise un bon début de végétation.

2.3.2. Engrais de couverture





L'engrais azotée utilisé est un engrais organo-minéral de couverture représente une véritable alternative aux engrais azotés communs qu'est présenté sous 4 formes différentes (ammoniacal, uréique, ureaform et organique) pour satisfaire les besoins nutritionnels des cultures et minimiser les pertes par évaporation et lessivages dans le sol.







2.4. Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir du bassin avec un système d'irrigation enrouleur

2.5. Autres matériels

Tableau 8 : les matériels utilisés dans laboratoire.

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Balance | Agitateur+acide buriqne | Mortier | Chauffe ballon+ matras |

| | | | |
|--|--|--|---|
|  |  |  |  |
| Rouge de methyl+ vert de bromocrésol | Burette | Feuilles de blé | Les fiolles |
|  |  | | |
| catalyseur | Déstilateur | | |

III. Méthode expérimentale

3.1. Dispositif expérimental

L'essai s'étale sur une superficie de 6400 m². Il comporte 4 blocs, chaque bloc contient 5 répétitions (chaque bloc de superficie 1600 m²). Le dispositif expérimental adopté est un modèle en blocs complètement randomisés avec cinq répétitions.

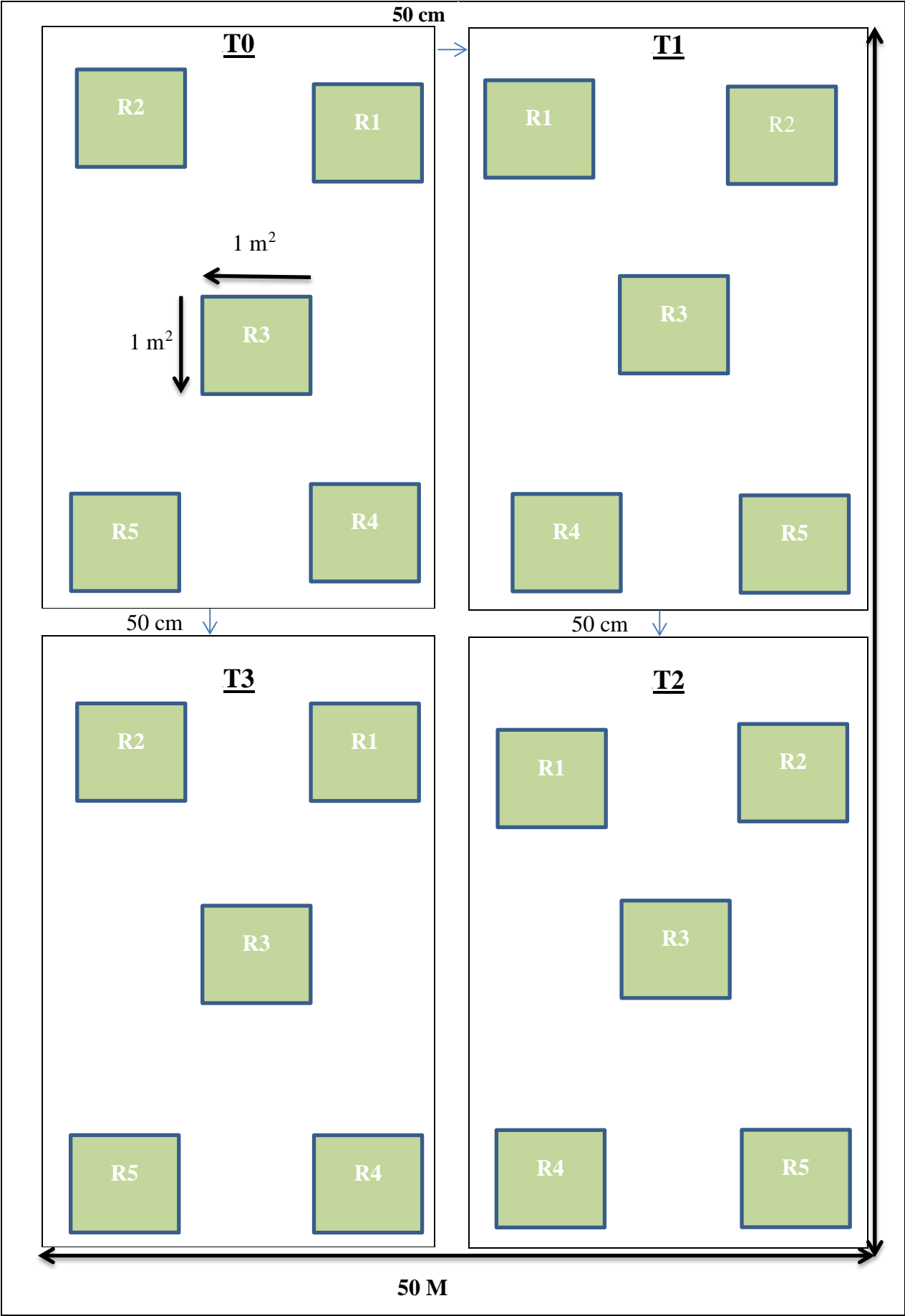
Les traitements utilisés sont :

T0 : Témoin (Aucun apport azoté).

T1 : Apport en une seul fois fractions (au stade de tallage).

T2 : Apport en deux fractions (1/2 au tallage, 1/2 à la montaison).

T3 : Apport en trois fractions (1/3 au tallage, 1/3 à la montaison et 1/3 à l'épiaison).



3.2. Conduite de l'essai

a- Précédent cultural

La parcelle de notre essai était une jachère travaillée

b- Travail du sol

- Labour profond : le labour profond a été effectué à l'aide d'une charrue à disques au mois de novembre 2016

- Un recroisage a été effectué au début de novembre : deux passages du cover crop ont été suffisants pour la destruction des mottes.

c- Apport l'engrais de fond

L'engrais de fond apporté est l'engrais organo-minéral contenant de l'azote et du phosphore (7/17/0) de la dose 2 Qx/ha réalisé 24 jours avant le semis.

d- Le semis :

Le semis est réalisé le 17/12/2016, à l'aide d'un semoir en ligne. La dose de semis est de l'ordre de 1.6Qx/ha soit 1 quintal/6400 m². la profondeur de semis est 2-3 cm.



Source : (Lounis K. 2016)

Fig. N° 13 : le semis de blé dur

e- Apport de l'azote

Il est fractionné en trois apports au début tallage, au moment de montaison, et à l'épiaison. A la dose de 3 qx/ha soit de 50 kg/1600 m² de chaque traitement.

f- Désherbage

Tous les herbicides ont été appliqués le 01/02/2017 correspondant au stade de quatre feuilles. L'application des herbicides a été effectuée à l'aide d'un pulvérisateur, en conditions météo favorables. Plus un fongicide a été appliqué le 04/03/2017.

Tableau 9: produits herbicides utilisés

| Désherbants | Matières actives | Spectre | Dose appliquée |
|-------------------|--|---|----------------|
| Produits A | A base de Triasulfuron (4,1 %) + Dicamba (65,9 %) | antidécotylédone | 120 g/ha |
| Produits B | A base de Clodinafop-propargyl 240 g/l + Cloquintocet mexyl 60 g/l | antimonocotylédone | 250 ml/ha |
| Fongicide | A base de Pyraclostrobine 133 g/l + Epoxiconazole 50 g/l | les maladies de l'épi et des feuilles dans les céréales | 1.5 l/ha |

g- Irrigation

L'irrigation a été appliquée le 01/04/2017 de 35 mm à l'aide de l'enrouleur.



Source : (Lounis K. 2017)

Fig. N° 14 : l'irrigation de blé dur

h- La récolte

La récolte de notre essai a été effectuée le 02/06/2017 à l'aide de moissonneuse batteuse.



Source: (Lounis K. 2017)

Fig. N° 15 : la récolte de blé dur

3.3. Doses d'engrais utilisés

Un apport d'engrais appliqué est le suivant :

T : le témoin sans apport d'azote.

T₁ : (50 kg/1600 m²) est appliqué le 22/02/2017 (au stade de tallage)

T₂ : (50 kg/1600 m²) fractionné en 2 apports, le premier (1/2 dose totale) été appliqué le 22/02/2017 et le deuxième (1/2 dose totale) appliqué le 25/03/2017 (stade de montaison)

T₃ : (50 kg/1600 m²) fractionné en 3 apports, le premier (1/3 dose totale) été appliqué le 22/02/2017 et le deuxième (1/3 dose totale) appliqué le 25/03/2017 (stade de montaison) et le troisième (1/3 dose totale) appliqué le 11/04/2017 (stade d'épiaisons)

3.5. Paramètres étudiés

Pour éviter l'effet de bordure, trois lignes centrales de chaque traitement ont été retenues pour déterminer tous les paramètres considérés dans cette étude.

- **Hauteur de la plante** : a été déterminée en choisissant dans chaque bloc, dix plantes au hasard sont mesurées de la base du collet jusqu'au bout de la barbe, ont servi pour la détermination de la hauteur moyenne par plante.

- **Le nombre d'épis par mètre carré (NE/m²)**

Le peuplement épis (NE) est obtenu à partir du comptage des épis de station préparée précédemment de chaque parcelle élémentaire, puis ramené au mètre carré.

- **Le nombre de grains par épi (NG/E)**

La fertilité de l'épi est obtenue après le battage de 10 épis prélevés aléatoirement et le comptage de nombre de grains.

- **Le poids de mille grains (PMG)**

Après la récolte, nous avons prélevé de chaque sac une quantité de grains qu'on a pesé au compteur à grain afin d'avoir les 1000 grains, après on a pesé avec une balance de précision.

- **Taux d'azote (%) :**

A été déterminé en choisissant dans chaque bloc dix plantes au hasard et prend de chaque plante 4 feuilles

- **Rendement théorique**

Le rendement théorique est calculé la formule suivante :

$$\text{Rendement (Qx/ha)} = (\text{peuplement épis/m}^2 \times \text{nombre de grains/épi} \times \text{PMG})/10000$$

- **Rendement final**

Nous avons récolté les grains de notre essai le 02/06/2017 à l'aide d'une moissonneuse batteuse. Les parcelles élémentaires ont été récoltées et mises dans des sacs, après pesée nous avons extrapolé nos résultats à l'unité Qx/ha.

1- Analyse statistique :

L'analyse statistique a été réalisée avec les logiciels Stat Box. Elle est basée sur l'analyse de la variance (STAT BOX) à un seul facteur (fractionnement de l'azote) pour une culture de blé dur. Au terme de cette analyse, pour tout effet principal significatif, les moyennes ont été comparées en utilisant le test NEWMAN-KEULS avec un seuil de signification de 5%.

2- Résultats et discussions

2.1- Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la hauteur de la plante

D'après les analyses statistiques, l'effet du fractionnement d'azote sur la hauteur de la plante n'était pas significatif, mais l'apport d'azote indépendamment de fractionnement a amélioré la hauteur de la plante. En effet apports de 3 qx/ha Lorsque l'apport d'azote est fractionné en 2 ou en un seul apport tant à donner des hauteurs élevées. Le fractionnement d'azote a 3 apports donné des plantes courtes. Les parcelles conduites avec une fertilisation fractionnée en 1 et en 2 fois, ont donné des plantes plus développées (91.3 cm avec T2 et 87.2 cm avec T1).

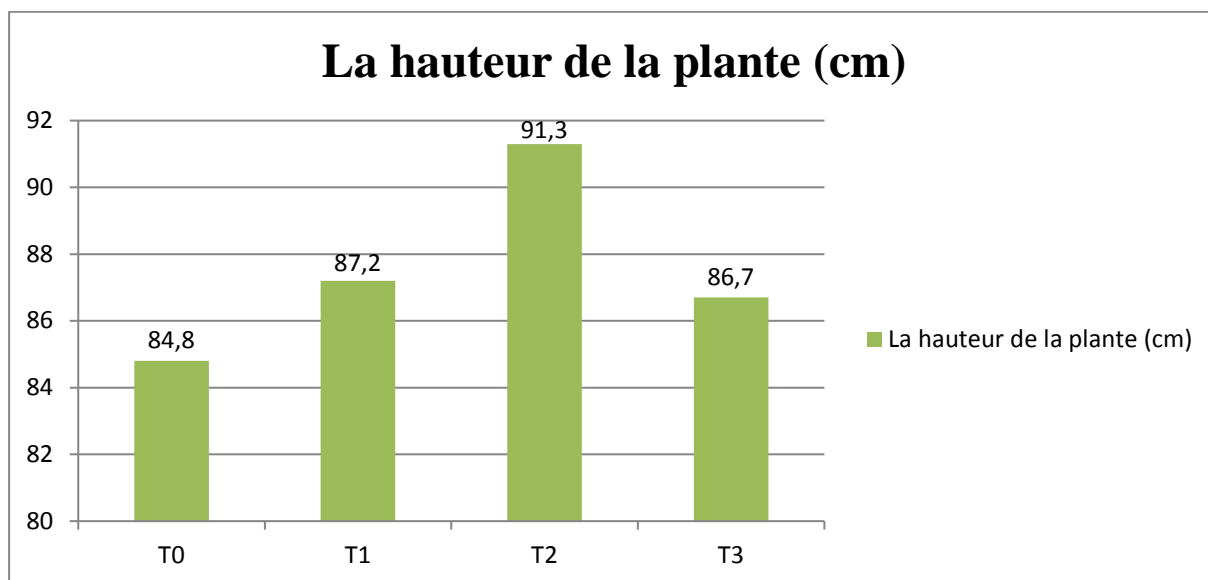


Fig N°16 : Histogramme de la hauteur de la plante en cm

Tableau 10 : Analyse de la variance de la hauteur de la plante de blé dur selon le test de "NEWMAN ET KEULS" (P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| La hauteur de la plante | 84,8±7,05 | 87,2±8,10 | 91,3±6,30 | 86,3±4,99 | NS |

2.2- Effet de fractionnement sur le rendement en paille :

L'analyse des données relatives au potentiel de production en grains en fonction de fractionnement de l'azote a révélé des différences hautement significatives entre les traitements. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la T2 (2,1 T/ha).

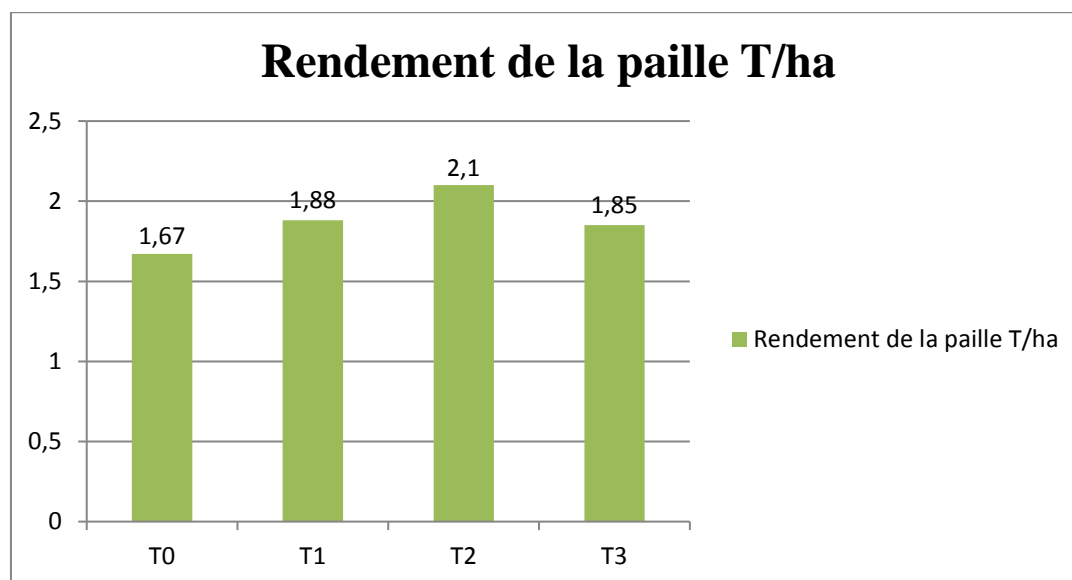


Fig N° 17 : Histogramme du rendement de la paille T/ha

2.3- Effet du fractionnement de la fumure azotée sur la qualité de la production

2.3.1- Effet sur nombre d'épis/m²

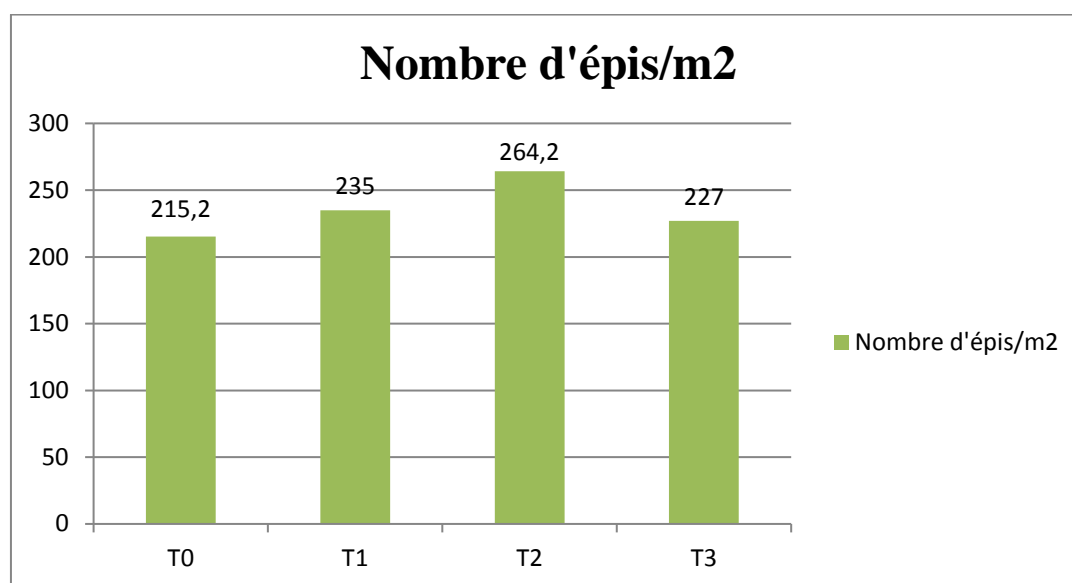


Fig N° 18 : Histogramme du nombre d'épis/m²

Tableau 11 : Analyse de la variance de nombre d'épis/m² selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-------|
| Nombre d'épis/m ² | 218,2±6,14 ^b | 235±6,56 ^{a/b} | 264,2±38,27 ^a | 227±8,97 ^b | S |

D'après le tableau 11 (analyse de variance) on constate qu'il existe un effet significatif entre les traitements.

La moyenne des résultats montre que l'effet de fractionnement d'apport d'azote appliqués a un effet significatif sur le nombre d'épis/m² et ceci par rapport au témoin sans azote T0. L'apport en deux fractions a permis d'obtenir des épis plus élevé (264.2 épis/m²)

2.3.2- Effet sur la longueur d'épis

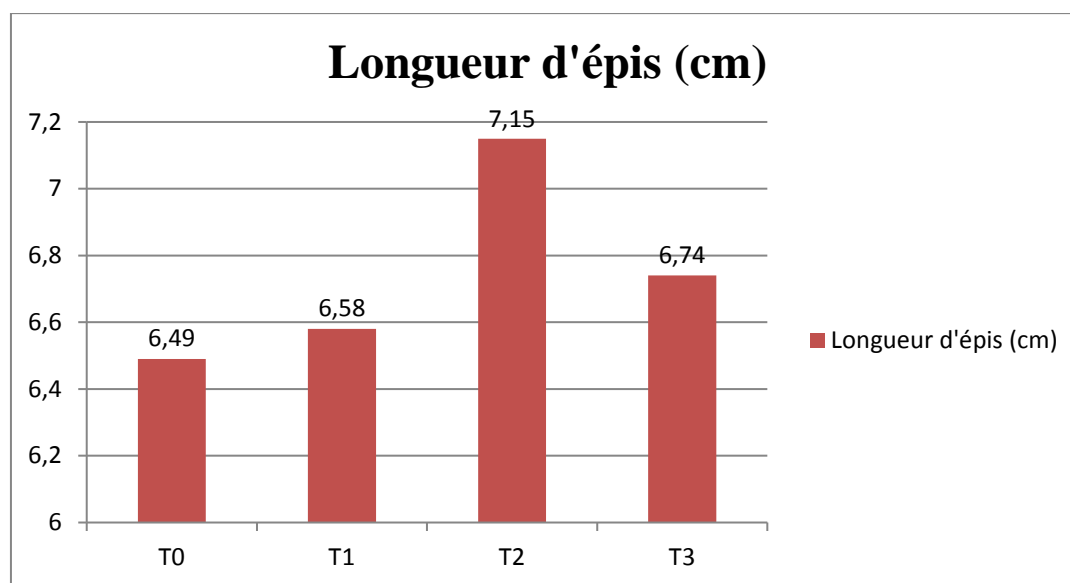


Fig N° 19 : Histogramme de la longueur d'épis

Tableau 12 : Analyse de la variance de la longueur d'épis selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------|
| Longueur d'épis | 6,49±0,33 ^b | 6,85±0,40 ^{a/b} | 7,15±0,51 ^a | 6,74±0,43 ^{a/b} | S |

A partir de tableau 12, on a constaté que le résultat est significatif, le meilleur résultat est donné par fractions en deux apports ce qui apparaît dans l'histogramme précédent.

La comparaison des moyennes pour la variable fertilité d'épi indique que l'apport en deux fractions donne la valeur la plus élevée de la longueur de grains avec 7,15 cm. Les taux sont de l'ordre de 6,85 cm et 6.74 cm respectivement par rapport au un apport d'une seule fraction et l'apport en trois fractions

2.3.3- Effet sur le nombre des grains/épi

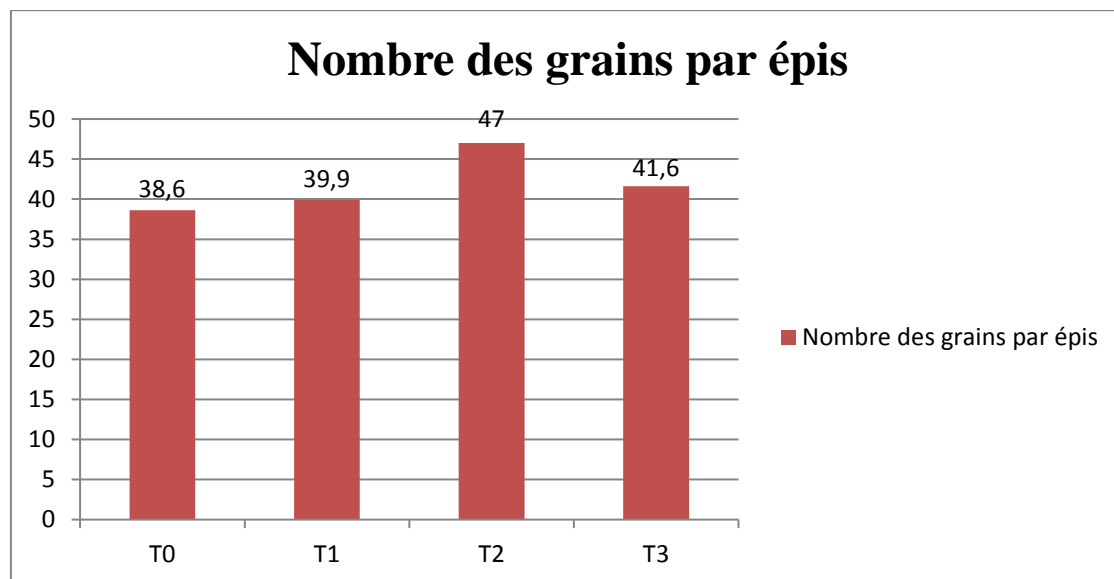


Fig N° 20 : Histogramme du nombre des grains par épi

Tableau 13 : Analyse de la variance du nombre des grains par épi selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-------|
| Nombre des grains/épi | 38,6±5,68 ^b | 39,9±5,68 ^b | 47±6,6 ^a | 41,6±4,57 ^b | S |

Grâce à ce tableau 13, qui représente une analyse de la variance, nous avons clairement un effet significatif entre les fractions par apport le témoin pour le nombre des grains/épi.

Lorsque l'apport d'azote est fractionné en 2 ou en 3 apports tant à donner des grains/épi élevés (47 grains pour T2 et 41.6 pour T3). Le fractionnement d'azote a un seul apport donné des grains/épi réduits (39,9 grains).

2.3.4- Effet sur le poids de 1000 grains

L'étude de l'évolution du poids de 1000 grains en fonction de fractionnement de l'azote (Figure 14) a montré que cette composante répond positivement à la fertilisation azotée. La comparaison du fractionnement de la fumure azotée favorise le PMG d'une manière significative. En effet un seul apport de l'azote au tallage produit le PMG le plus faible (53,54 g), alors que le PMG le plus élevé est obtenu avec trois apports (PMG=55.81g) peu différent de celui en deux apports (55.04g). L'épandage d'une fraction ou bien de toute la dose d'azote au stade tallage contribue à la réduction du poids de 1000 grains. Un résultat similaire a été observé par Mossedeq et al (1994) qui ont montré qu'un apport tardif d'azote augmente le nombre d'épis/m² mais réduit le poids de 1000 grains. Mandic et al (2015) ont montré que la fertilisation azotée a permis d'améliorer le PMG du blé.

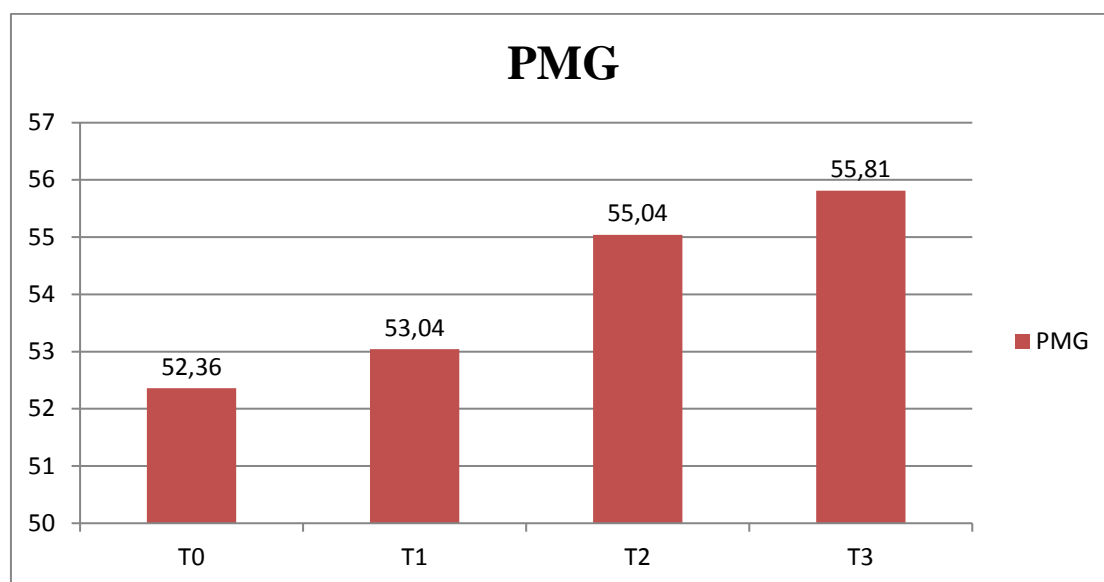


Fig N°21 : Histogramme du poids de mille graines

Tableau 14 : Analyse de la variance du PMG selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|-----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------|
| PMG | 52,36±1,58 ^b | 53,05±2,24 ^{a/b} | 55,04±3,26 ^{a/b} | 55,81±1,44 ^a | S |

2.4- Taux d'azote dans la plante de blé

Tableau 15 : Analyse de la variance du taux d'azote sur la plante de blé dur selon le test de "NEWMAN ET KEULS"(P = 5).

| | T0 | T1 | T2 | T3 | Signe |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| N % | 1,26±0,92 ^c | 2,48±0,29 ^b | 2,97±0,55 ^a | 2,52±0,42 ^b | S |

Tableau 15, représente une analyse de la variance, Les analyses statistiques montrent que le fractionnement de l'azote (T1, T2, T3) ont permis une amélioration significative de ce paramètre.

En effet l'apport de 3qx d'azote en deux fractions (T2) a amplement amélioré le N% (2.97%) comparativement à l'apport de la même dose d'azote en trois fractions (T3) (2.52 %).

L'engrais azoté est d'autant mieux valorisé qu'il est apporté en 2 ou en 3 apports ce qui permet à la culture du blé une meilleure absorption de l'azote.

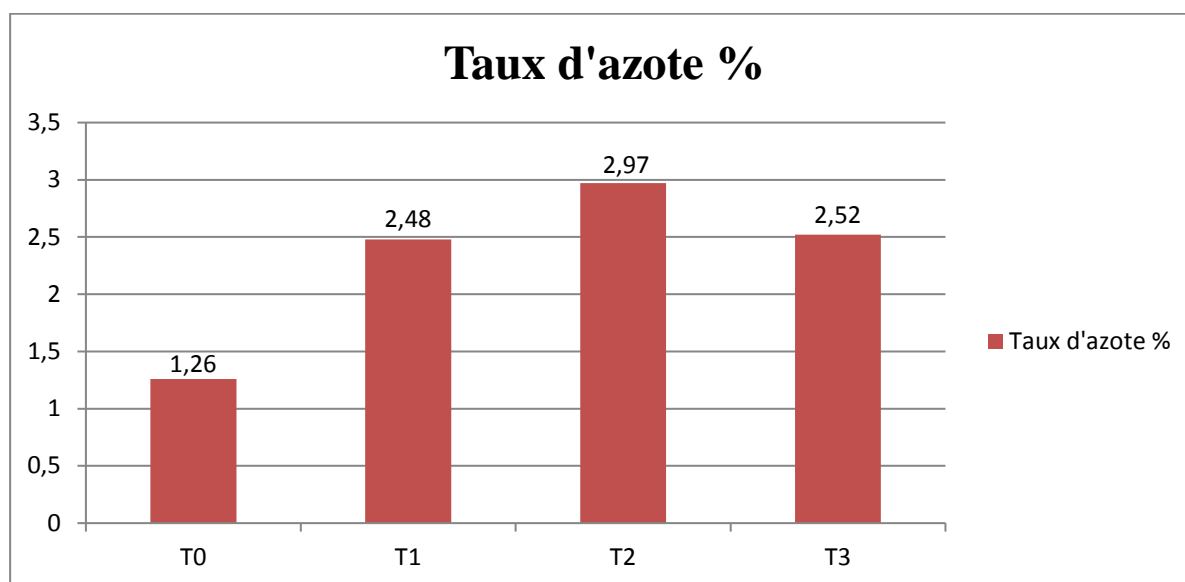


Fig N°22 : Histogramme sur le taux d'azote N%

2.5- Effet du fractionnement d'azote sur le rendement en grain

L'analyse des données relatives au potentiel de production en grains en fonction de fractionnement de l'azote a révélé des différences hautement significatives entre les traitements. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le fractionnement en deux apports (33.06 qx/ha). Cependant de grands écarts dans l'efficacité des différents traitements ont été enregistrés. En fait le rendement en grains passe de 23.68 qx/ha sans azote à 26.87 qx/ha pour un seul apport, 33.06 pour 2 apports et à 27.2 qx/ha pour trois apports. L'intérêt de la répartition de la fumure azotée en plusieurs apports peut être expliqué par le fait que son application couvre les besoins en azote des 3 stades végétatifs critiques du blé. Wang et al (2013) ont trouvé que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer

significativement le rendement du blé et on peut expliquer ceci par un bon développement racinaire du blé suite à une fertilisation azotée.

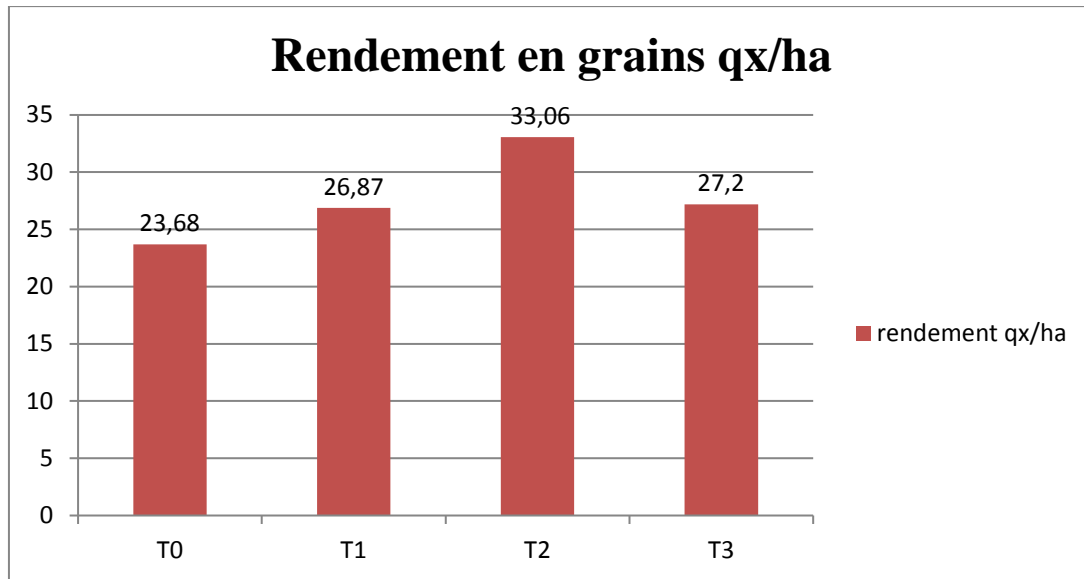


Fig N°23 : Histogramme de rendement en grains qx/ha

Le but de notre travail est de connaître l'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote sur la production du blé dur.

La variété Simeto prise comme modèle d'optimisation répond assez bien à la variation de fractionnement d'apport de cet engrais.

Les résultats ont prouvé que le recours à la fertilisation azotée demeure une source d'amélioration de la culture des céréales.

L'effet de fractionnement d'azote est significatif et positif pour tous les paramètres étudiés à l'exception la hauteur de plante, qui n'est pas influencé par le mode d'apport d'engrais azoté.

L'analyse des résultats révèle que la formule (1/2 au tallage et 1/2 à la montaison) T2, limite bien le rendement en grains que la qualité des productions obtenues (grains et paille).

Le rendement en grains a atteint un maximum de 33,10 qx/ha obtenu par l'apport en deux fractions, soit une augmentation relative par rapport au témoin sans apport (23.7 qx/ha) et apports en trois fractions (T3) du rendement de 26.9 qx/ha

L'application de la même dose (3 qx d'azote) en trois fractions (1/3 au tallage, 1/3 à la montaison et 1/3 à l'épiaison) présente à la fois des possibilités réelles d'améliorer la qualité des grains et d'améliorer le poids de mille grains.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- ✓ Utiliser plusieurs variétés.
- ✓ Poursuivre d'autres essais dans des conditions différentes.

Références bibliographiques

Anonyme, 1987. La culture intense du blé. Rev céréaliculture. Ed ITGC. Alger. 20p.

Anonyme, 2010 : Les céréales principales (blé dur, blé tendre) en Algérie, ministère de l'agriculture et développement durable.

Anonyme, (2009) : ITGC, céréaliculture, revue n°52-volume1-1^{er}. semestre 2009, p18-19.

Anonyme, 2007/2008 : INA, sécurité alimentaire de blé dur dans le monde et en Algérie.

Anonyme, (2003) II : Le blé dur : qualité, importance et utilisation dans la région des hauts plateaux (Tiaret et Tissemsilt).: ITGC. 7p

Anonyme, (2002) : Larousse agricole, p98.

Anonyme, (2000) I: les céréales. Thèse ING. INA (ministère de l'agriculture).

Anonyme, 1999 : ITGC, Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp 8-10. Thèse magistère. Blida.

Akkaya, A., Dokuyucu, T., Kara, R., Akcura, M., (2006). Harmonization ratio of post- to preanthesis durations by thermal times for durum wheat cultivars in a Mediterranean environment, pp 404–408.

Al Khatib, K., and Paulsen G.M., (1984). Mode of high temperature injury to wheat during grain development. Plant Physiol. 61: 363-368.

Allioui N – 1993 : Etude de quelques altérations physiologiques et biochimiques causées par la rouille brune du blé – Thèse Magistère – Univ. ANNABA.

Ali Dib, T., (1992). Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de blé dur. Etude de la diversité de caractères physiologiques d'adaptation. Thèse de doctorat ; Montpellier, 196.p.

Bahloul A, 1989. Fertilisation azotée raisonnée des céréales. Rev. Céréaliculture. N° 20. Troisième trimestre. Ed. ITGC. Alger. pp 15-19.

Belaid D, 1986. Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. pp 75-86.

Belloula B, 1981. Contribution à l'étude de l'action de la fertilisation azotée fractionnée sur une culture de blé tendre en zone subhumide (Mouzaia). Mem Ing. Agro. INA. Alger. 154p.

Bensemra M, 1990. Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur le rendement de la variété de blé dur « WAHA » cultivée en zone subhumide. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 77p

Bergareche, C., Liusia, J., Febrero, A., Bort, J., Araus, J.L., (1993). Effect of water stress on proline and nitrate content of barley relationships with osmotical potential, carbon isotope ratio and grain yield. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France), Les colloques, n°64. Paris : Inra éditions.

Boulai H., Zaghouane O., El mourid M et Rezgui S. 2007 : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co-edition ITGC/INRA/ICARDA. 176 p.

Bouhidel I, 2006. Etude expérimentale de l'influence de gypse sur la minéralisation de l'urée et la cinétique d'absorption. Thèse. Mag. Agro. Batna. 180p.

Bozzini, A., (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: Fabriani, G., & Lintas, C. (eds.). *Durum - Chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, pp. 1-16.

Briggle, L.W., and B.C. Curtis. (1987). Wheat worldwide. In *Wheat and Wheat Improvement*. E.G. Heyne (ed.). 2nd edition, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA. Pp : 1-32.

Brisson, N., Delecoller, R., (1992). Développement et modèles de simulation des cultures. *Agronomie*, 12(3): 253-263.

Calderini, D.F., Reynolds, M.P., Slafer, G.A., (1999). Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: *Satorre, E.H., Slafer G.A. (Eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. The Haworth Press Inc., New York*, pp: 351–377.

Chevrier A et Barbier S, 2002. Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols. Création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire de fin d'études. 96p.

Christian S, Muller J-C, Decroux J. 2005. Guide de la fertilisation raisonnée. Ed. France Agricole. pp105-142

Cooper, 1984. Rapport annuel de l'ICARDA. in MENAD et OULD-SAÏD 2003. Gestion de la fertilisation dans les zones semi-arides (cas de la wilaya de Saïda). *Revue céréaliculture*, N°40. 2^{eme} semestre. Ed. ITGC de Sétif. 30p.

FAO, 2006 Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. http://www.fao.org/01_0/ah864f/ah864f00.htm. (31.5.2008/13:28).

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

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

Gate P, Brain P, Colenne J, Briffaux G – 1990 : pour les cereales à paille à chaque variété son époque de survie - Perspectives agricoles 148 : 20-27.

Gonzalez, A., Martin, I., Ayerbe, L., (1999). Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res*; 62: 23-34.

Ghouar W, 2006. Effet du cumul de pluie hivernale sur la réponse du cultivar « Waha » (*Triticum durum* Desf.) à la fertilisation azotée. Thèse. Mag. Agro. Batna. 66p.

Hamdi F, 1994. Etude de fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) en Mitidja. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. pp 19-24.

Harrat W, 2005. Fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) variété simeto, en Mitidja : comparaison des formes et modalités d'apport de l'azote (au sol et foliaire). Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 16p.

Henchi, B., (1987). Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.

Henry Y, Beyser J – 2000 : Origine des blés dans la science – H séné 26 : 60- 62.

Jun Wang, Wen-Zhao Liu, Ting-Hui Dang, et Upendra M. Sainju. (2013). Nitrogen Fertilization Effect on Soil Water and Wheat Yield in the Chinese Loess Plateau. *Agronomy Journal* 105(1):143-149: 2013

Justes E. (1993). Diagnostic de la nutrition azotée du blé, à partir de la teneur en nitrate de la base de la tige. Application au raisonnement de la fertilisation. Thèse Doc. INA - PG, 227p.

Kellou R., 2008 : Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. Série « Master of Science » Master of Science du CIHEAM - IAMM n° 93.39; 48p.

Kemeli, A., and Losel, D.M., (1996). Growth and sugar accumulation in durum wheat under water stress. *New phytol.* 132: 57-62.

Kouadria N, 1987. Influence de la dose de semis et de la fertilisation azotée sur l'élaboration du rendement du blé tendre variété « Anza » dans la région de Tiaret. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 51p.

Latiri K, 2002. La fertilisation : Engrais et production agricole. INRA. Tunisie. pp 1-2.

Lemaire G et Nicolardot B, 1997. Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes. Ed: INRA. Paris. France. Les Colloques, n°83. pp 40-42-87- 100.

Limaux, F. (1999). Modélisation des besoins du blé en azote, de la fourniture du sol et de l'utilisation de l'engrais. application au raisonnement de la fertilisation en Lorraine. Thèse, Institut National Polytechnique de Lorraine 178 pp.

Masle, Meynard, J., (1981). Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. Agronomie.1 : 365-374.

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

Menad A et Ould-said H, 2003. Gestion de la fertilisation dans les zones semis arides (cas de la wilaya de Saïda). Rev N°40. 2^{ème} semestre. Ed. ITGC de Sétif. pp 30-31.

Morgan, J.M., (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. Plant Physiol.; 35,299-319.

Mossedeq , Mehouchi M., Yahyaoui A. et Rahmani L. (1994). Chemical composition and nutritive value of three Barley cultivars Grown Under the semi-arid conditions of northwester Tunisia. Rachis, vol. 13(1/2): 15-19.

Pontailier S, 1971. Engrais et fumure. 4^{ème} Ed .Presse universitaire de France. 127p.

Pousset J, 2002. Engrais vert et fertilité des sols. 2^{ème} édition. Ed Agri décisions Groupe France Agricole. Paris. 303p.

Simon H, Codaccioni P et Lecoœur X, 1989. Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui. Ed Lavoisier Paris. 333p

Slafer, G.A., Araus, J.L. Royo C., Del Moral, L.F.G., (2005). Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. An. Appl. Biol. 146: 61–70.

Slama,A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid, E., (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inra).16(3) : 225-229

Triboï, E., (1990). Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie*, 10 : 191-200.

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

Vilain M, 1997. Production végétale. Vol 2. Ed. Lavoisier. Tech et doc. 449p.

Violeta Mandic, Vesna Krnjaja, Zorica Tomic, Zorica Bijelic, Aleksandar Simic, Dragana Ruzic Muslic, et Marija Gogic. (2015). Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. *Chilean J. Agric. Res.* vol.75 no.1 Chillán mar. 2015

Wang G. Y., Abe T. & Sasahara T. (1998). Concentrations of grains of rice (*Oryza sativa* L.) cultivated under organic and customary farming practices. *Japanese journal of crop science*, 67 :(3), P307-311.

ANNEXE

Tableau 1 : Evolution des productions des céréales à Relizane en (quintal).

| compagne | Blé dur | Blé tendre | Orge | avoine |
|------------------|----------------|-------------------|-------------|---------------|
| 2006/2007 | 814400 | 587245 | 402030 | 402030 |
| 2007/2008 | 146860 | 48010 | 28300 | 28300 |
| 2008/2009 | 904355 | 572200 | 642820 | 642820 |
| 2009/2010 | 861000 | 462000 | 391000 | 391000 |
| 2010/2011 | 827200 | 466750 | 368550 | 368550 |
| 2011/2012 | 1202420 | 640660 | 574780 | 574780 |
| 2012/2013 | 1143455 | 669665 | 528600 | 528600 |
| 2013/2014 | 757925 | 372690 | 267935 | 267935 |
| 2014/2015 | 887079 | 396597 | 344076 | 344076 |
| 2015/2016 | 123463 | 38924 | 60182 | 60182 |

Tableau 2: La hauteur de la plante

| T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 79 | 89 | 91 | 90 |
| 83 | 93 | 91 | 76 |
| 91 | 87 | 86 | 85 |
| 81 | 98 | 84 | 87 |
| 95 | 92 | 91 | 84 |
| 92 | 73 | 85 | 90 |
| 72 | 76 | 101 | 92 |
| 87 | 82 | 89 | 87 |
| 80 | 87 | 92 | 91 |
| 88 | 95 | 103 | 81 |

Tableau 3 : Rendement en paille T/ha

| Bloc | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Rendement en paille T/ha | 1,67 | 1,88 | 2,1 | 1,85 |

Tableau 4: Nombre d'épis/m²

| T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 205 | 244 | 227 | 221 |
| 218 | 239 | 297 | 222 |
| 220 | 228 | 277 | 241 |
| 219 | 230 | 300 | 231 |
| 214 | 234 | 220 | 220 |

Tableau 5 : Longueur d'épis (cm)

| T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6,3 | 7 | 7 | 5,9 |
| 6,9 | 6,8 | 6,9 | 7,3 |
| 6,7 | 6,4 | 7,8 | 6,2 |
| 6,2 | 6,9 | 7,6 | 6,8 |
| 6,7 | 6,2 | 7,1 | 6,9 |
| 6,3 | 6,7 | 6,3 | 7 |
| 5,8 | 7,4 | 6,8 | 6,7 |
| 6,8 | 7 | 6,7 | 7,1 |
| 6,5 | 6,6 | 7,9 | 7 |
| 6,7 | 7,5 | 7,4 | 6,5 |

Tableau 6 : Poids de Mille Grains

| T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 53,5 | 56,16 | 56,02 | 54,01 |
| 54,3 | 53,64 | 51,8 | 57,2 |
| 51,6 | 50,8 | 51 | 56,88 |
| 50 | 53 | 58 | 56,68 |
| 52,4 | 51,6 | 58,4 | 54,3 |

Tableau 7 : Nombre des grains par épis

| T0 | T1 | T2 | T3 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 39 | 47 | 48 | 49 |
| 43 | 42 | 51 | 48 |
| 45 | 35 | 50 | 40 |
| 49 | 44 | 54 | 42 |
| 39 | 37 | 43 | 42 |
| 43 | 34 | 35 | 39 |
| 28 | 31 | 41 | 33 |
| 39 | 39 | 41 | 39 |
| 36 | 32 | 54 | 43 |
| 38 | 45 | 53 | 41 |

Tableau 8 : Calcul l'azote dans les feuilles de blé dur

| | T0 | T1 | T2 | T3 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Traitement 1 | 1,95 | 2,66 | 2,94 | 1,9 |
| | 0 | 3,08 | 2,88 | 2,24 |
| | 1,4 | 3,65 | 3,11 | 1,4 |
| | 1,8 | 3,36 | 3,08 | 2,52 |
| | 2,32 | 3,1 | 3,22 | 2,8 |
| traitement 3 | 0 | 1,6 | 3,64 | 2,38 |
| | 1.4 | 1,9 | 2,94 | 3 |
| | 1,44 | 2,1 | 3,5 | 3,5 |
| | 1,68 | 1,82 | 3,08 | 2,5 |
| | 1,96 | 1,54 | 1,26 | 2,94 |

Tableau 9 : rendement en grain

| Bloc | T0 | T1 | T2 | T3 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| rendement Qx/ha | 23,7 | 27,2 | 33,1 | 26,9 |

3.4. Méthode de calcul le taux d'azote

3.4.1. Mode d'opération

a- Minéralisation

- Opérer sur une prise d'essai de **0.5** de substance (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). Introduire dans un matras de 250ml. (Eviter que des particules adhérant à la paroi).

- Ajouter environ **2g** de catalyseur (250 g de K_2SO_4 , 250 g de $CUSO_4$, 5 g Se) et 20 ml d'acide sulfurique pur ($d=1.84$). Porter le matras sur le support d'attaque et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide en obtention d'une coloration verte stable.

- Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution 100ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau. Rincer l'agitateur. Laisser refroidir complètement au trait de jauge.



Source : (Lounis k. 2017)

Fig. N°24 : la technique de la minéralisation

b- distillation :

- transvaser 10 du contenu de matras dans l'appareil distillatoire (Biichi). Rincer la burette graduée.
- Dans un bécher destiné à recueillir de distillat ; introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

Pour litre de solution : 40 g d'acide borique.
80 ml d'éthanol absolu
10 ml d'indicateur

L'indicateur contenant :

- ¼ de rouge de méthyl à 0.2% dans l'alcool à 95°. (7.5 ml)
- ¾ de vert de bromocrésol à 0.1% dans l'alcool à 95°. (2.5 ml)

Verser lentement dans le ballon de l'appareil distillatoire 50ml de lessive de soude ($d=1.33$). Mettre l'appareil en position de marche. Laisser l'attaque doit se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100ml au moins l'extrémité inférieure de la colonne réfrigérante de l'appareil distillatoire doit plonger dans la solution d'acide borique. (Pour éviter les pertes).



Source : (Lounis K. 2017)

Fig. N°25 : mode d'opération de la distillation

c- Titrage :

Titrer en retour par l'acide sulfurique n/20 jusqu'à la récoloration de la couleur initiale de l'indicateur

$$\% N = \frac{V \times 7 \times 10^{-4} \times V' / V_0 \times 100}{P}$$

V : volume descend de la burette

V₀ : 10 ml

V' : Volume de destruction (40 ml)

P : poids d'échantillon (0,5 g)



Source : (Lounis k. 2017)

Fig. N°26 : la technique de titrage