



## Projet de Fin d'Études

### *Licence Sciences & Techniques*

### *Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources*

## Contribution aux essais de recherche sur le semis

**Présenté par : Hamza Rhazal**

**Encadré par :**

- **Dr. BENDIDI ABDERAZZAK (INRA, MEKNÈS)**
- **Pr. AMRANI JOUTEI KHALID (FST, FÈS)**

**Soutenu le : 05-juillet-2022**

Devant le jury composé de :

- **Pr. AMRANI JOUTEI KHALID (Président FST FES)**
- **Dr. BENDIDI ABDERAZZAK (Encadrant INRA Meknès)**
- **Pr. DERRAZ KHALID (Examineur FST FES)**

**Année universitaire  
2021/2022**

## Résumé

---

Le présent document a porté sur l'évaluation de l'effet de différente dose d'azote sur le rendement et ses composantes chez la culture de blé tendre (*triticum aestivum. L*) variété « AMAL ». Pour réaliser ce travail l'essai a été installée en semis direct au niveau du domaine expérimental de Douyet (région Sais). Le dispositif adopté est de type split-plot à trois répétitions avec quatre doses d'azote (0,50,100,150 kg/ha).

Dans la première expérimentation, les résultats obtenus ont montrées que le sol de Douyet est un vertisol très fertile et de type limoneux-argileuse.

Dans la deuxième expérimentation, on a analysé et mesuré les composantes de rendements, ce qui a permet d'évaluer l'effet de la dose d'azote sur les composantes de rendement. Les résultats obtenus ont montré que la fertilisation azotée favorise l'ensemble des paramètres étudiées et elle a un effet positif significatif sur le rendement, le nombre total de graines, et son efficacité varie selon les traitements appliquer. Le maximum de rendement en graines est de (23.26 q/ha) obtenue avec la dose (N1=50 kg/ha), soit une augmentation de 61.39% par rapport au témoin sans apport (0kg/ha). Malgré ces résultats les rendements obtenus sont trop faibles pour toutes les doses à cause des conditions de faibles précipitations et aux vents chaudes (chergui) en fin de cycle de développement.

**Mots clés** : blé tendre, azote, semis direct, composantes de rendement, analyse de sol.

## *D*édicace

---

*Je dédie ce travail à A mes chers parents **Abdellatif** et **Khadija**,*

*Qui ont éclairés le chemin de ma vie par leur dévouement exemplaire et les énormes sacrifices ainsi que leurs encouragements tout le long de mon parcours scolaire et universitaire,*

*A mon frère **Abdelillah***

*Pour ses encouragements, ses aides et son soutien moral permanent,*

*A toute ma famille*

*Pour leur soutien, tout au long de mon parcours universitaire. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, merci d'être toujours là pour moi.*

*A mes chers amis, **Mohamed** et **Hamza***

*Pour leur soutien et leur disponibilité et les instants agréables passés*

*Ensemble, particulièrement ma collègue **Watae sfa** pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

*A tous qui ont contribué à la réalisation de ce travail,*

**Merci.**

## Remerciements

---

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer tout d'abord ma profonde gratitude et mes vifs et sincères remerciements à **DR. BENDIDI Abderrazak** chercheur à l'INRA de Meknès pour son encadrement, pour ses conseils, Ses encouragements, ses orientations et son suivi continu.

J'exprime également ma profonde gratitude et mes vifs et sincères remerciements à **Mr. AMRANI JOUTEI Khalid** professeur à la faculté des sciences et techniques de Fès et coordonnateur de la filière, pour l'encadrement de ce travail, pour les conseils qu'elle m'a prodigués.

Mes sincères remerciements à l'équipe d'unité de recherche agronomie et physiologie végétale, particulièrement Doctorante **Wafae Sellami** pour son soutien, les orientations qu'ils ma prodigués tout au long de la période de stage.

Mes très sincères remerciements à **Mr. DERRAZ Khalid** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès qui a bien voulu accorder une part de son précieux temps pour examiner ce modeste travail.

J'aimerais également remercier l'équipe de l'unité de recherche agro-physiologie végétal pour leur patience et leur ouverture d'esprit, aient créé un environnement de travail agréable.

Enfin, je tiens à remercier tous les gens, qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Liste des abréviations

---

**ANOVA** : analysis of variance

**BT** : biomasse total

**CD** : charrue à disques

**CRRA** : centre régional de recherche agronomique

**D.E** : domaines expérimentaux

**DBAC** : dispositif en bloc aléatoire complet

**ddl** : langage de définition de données

**ED** : eau distillé

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique.

**MAPM** : Ministre de l'agriculture et de la pêche maritimes

**MO** : matière organique

**NE** : nombre d'épis

**NT** : nombre de talles

**NTG** : nombre totale de graines

**OCP** : anciennement office chérifien des phosphates.

**pH** : potentiel hydrogène

**PMG** : poids de mille graines

**ppm** : partie par million

**q** : quintaux

**Rdt** : Rendement

**SD** : semis direct

**SNK** : Student-Newman-Keuls

**U.R** unité de recherche

**URAPV** : unité de recherche Agronomie et Physiologie Végétale

**μS** : micro-Siemens

## Liste des tableaux

---

- Tableau 1: Systématique de blé tendre (classification APGIII : Chase et Reveal, 2009). ..... 5
- Tableau 2: Effet du travail du sol sur le rendement du blé tendre et l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) à Sidi El Aydi (blé continu, 1995-1999) (Mrabet, 2000). ..... 9
- Tableau 3: Effet du système de travail du sol sur le carbone organique du sol en fonction du temps (El Brahli et Mrabet 2000). ..... 9
- Tableau 4: Tableau des propriétés du sol du domaine expérimental de Douyet. .... 22
- Tableau 5: moyennes globales des classes des paramètres à effet significative. .... 22
- Tableau 6: Analyse de variance (ANOVA) des paramètres agronomiques étudiés. .... 23

## Listes des figures

---

- Figure 1: Phylogénie du blé tendre (Anonyme., 2022). ..... 3
- Figure 2: Données de précipitations et températures moyennes de Douyet 2021/2022. .... 11
- Figure 3: Appareil digestion et bloc de digestion. .... 12
- Figure 4: Distillateur. .... 13
- Figure 5: Appareil de titration . .... 3
- Figure 6: Titration par le sulfate de fer( $\text{FeSO}_4$ ). .... 15
- Figure 7: Mesure de pH. .... 16
- Figure 8: Mesure de la conductivité. .... 7
- Figure 9: Filtration avec papier Whatman. .... 19
- Figure 10: Gamme d'étalonnage. .... 19
- Figure 11: Agitateur, Distributeur, Spectrophotomètre. .... 19
- Figure 12: Spectrophotomètre d'émission à flamme. .... 20
- *Figure 13 : Gamme d'étalonnage* ..... 20
- Figure 14: Dispositif expérimental en split-plot. .... 21
- Figure 15: compteur des graines . .... 22
- Figure 16: appareil de battage ..... 22
- Figure 17: Effet de différentes doses d'azote sur le nombre de talles. .... 24
- Figure 18: Effet de différentes doses d'azote sur le nombre total de graines. .... 26
- Figure 19: Effet de différentes doses d'azote sur le PMG. .... 26
- Figure 20: Effet de différentes doses d'azote sur le rendement ..... 27
- Figure 21: Effet de différentes doses d'azote sur la biomasse totale ..... 28
- Figure 22: Effet de différentes doses d'azote sur le nombre d'épis/mL. .... 29

## Table des matières

---

Introduction .....	1
Présentation de l'institution.....	3
Chapitre I : Revue bibliographique .....	4
I. Généralités sur le blé .....	4
1. Phylogénie du blé tendre .....	4
2. Taxonomie.....	4
3. Principaux stades phénologiques .....	5
4. Fertilisation azotée .....	5
a. <i>Différentes formes de l'azote dans le sol</i> .....	5
b. <i>Effet de l'azote sur la croissance des céréales</i> .....	6
c. <i>Effet de l'azote sur les composantes de rendements</i> .....	6
II. Culture de blé dans le système de semis direct .....	6
1. Semis direct au monde .....	6
2. Semis direct au Maroc.....	7
3. Principes de base de semis direct .....	7
a. <i>Contrôle des adventifs</i> .....	7
b. <i>Gestion des résidus de surface (mulch)</i> .....	8
c. <i>Équipement de semis direct</i> .....	8
5. Potentialités agronomiques du semis direct .....	8
a. <i>Effet de semis direct sur le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau</i> .....	8
b. <i>Rétributions économiques et écologiques</i> .....	9
6. Fertilisation en semis direct.....	10
Chapitre II : Matériels et méthodes .....	11
I. Matériel végétal .....	11
II. Localisation des essais et conditions de milieu.....	11
a. Localisation des essais.....	11
b. Données pédoclimatiques.....	11
A. Méthodes d'analyse du sol .....	12
1. Détermination de l'azote totale .....	12
2. Détermination de la matière organique (MO) .....	14
3. PH du sol.....	15

4.	Conductivité électrique .....	16
5.	Phosphore du sol .....	16
6.	Analyse de potassium.....	18
B.	Paramètres agronomiques.....	19
1.	Dispositif expérimental .....	20
2.	Composantes de rendements .....	20
Chapitre 3 : Résultats et discussions .....		22
I.	Résultats des analyses du sol.....	22
II.	Résultats d'essai de Douyet.....	22
1.	Effet de la dose d'azote sur le nombre de talle par plante.....	23
2.	Effet de la dose d'azote sur le nombre total de graines (NTG) et le PMG .....	24
3.	Effet de la dose d'azote sur le rendement (q/ha) .....	25
4.	Effet de la dose d'azote sur la biomasse totale et le nombre d'épis.....	26
III.	Conclusion et perspectives .....	28



## Introduction

Au Maroc, la culture des céréales constitue le pilier de l'agriculture, c'est un secteur stratégique qui représente une part considérable de l'économie agricole. Il couvre environ 70% de la superficie agricole utile (MAPM., 2022). Parmi les principales céréales cultivées au Maroc sont blé tendre (*triticum aestivum*. L), le blé dur (*triticum durum*. L) et l'orge (*Hordeum vulgare*).

L'agriculture marocaine est presque entièrement dépendante des précipitations, qui varient selon les régions et les années agricoles. Même si la surface agricole consacré à la culture des céréales est importante en termes de superficie (5 millions d'hectare) le rendement en quintaux par hectare est faible. La production céréalière est réalisée principalement dans les zones de bour (culture pluviale) où les précipitations varient fortement d'une année à l'autre. Moins de 9% des terres cultivables sont irriguées pour réduire cette dépendance climatique. La céréaliculture est affectée par les fluctuations de la pluviométrie, d'autant plus que 81% de la production céréalière est localisée dans les régions de bour.

Le blé particulièrement est affecté par la sécheresse à cause des changements climatiques. Ces périodes agricoles difficile surviennent tous les 2 à 3 ans (El Grari., 2022). A cet effet, la récolte céréalière de cette saison (2022) au Maroc sera influencée par la sécheresse. La perte est estimée à plus de la moitié de la récolte des céréales (MAPM., 2022). En plus des contraintes climatique, le blé est affecté par des pathogènes comme les rouilles, pucerons et la Cécidomyie, ces ravageurs peuvent avoir un réel impact sur le rendement (Charles *et al.*, 2011).

Cependant, les agriculteurs dans leur majorité, ignorent qu'à long terme des pratiques agricoles comme le labour profond n'intègrent pas les exigences d'une agriculture durable. À cet effet, l'adoption d'une stratégie de valorisation et de protection des sols est indispensable à l'échelle national. Plusieurs auteurs ont révélé l'importance de l'adoption de l'agriculture de conservation et notamment le semis direct en tant qu'un système de production face à cette situation (Bessam *et al.*, 2003 ; Bendidi, 2006 ; Moussadek *et al.*, 2011).

En effet, la stratégie génération « Génération Green 2020-2030 » vise à diminuer la surface réservée aux céréales d'un million d'hectare toute en augmentant la production de 53 qx/ha à 76 qx/ha, en ciblant un million d'hectare en 2030 de semis direct soit environ un cart des surfaces réservées aux céréales, cette initiative a été adopté et encourager par l'OCP via son programme « «Al Moutmir » (MAPM., 2022)

Cette technique a pour objectif d'assurer la durabilité du système de production agricole en réduisant la vulnérabilité des sols à l'érosion via l'accroissement des teneurs en matière organique du sol (Machraoui *et al.*, 2010).

Pour cela, des essais ont été réalisés suivant un dispositif expérimental en split-plot (semis direct et semis conventionnel), avec trois répétitions contenant des parcelles avec différentes dose d'azote (N0 = 0, N1= 0, N2 =100 et N3 = 150 kg/ha) au domaine expérimental de Douyet.

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'effet de l'apport de différentes doses d'azote sous-système de semis direct sur les paramètres de rendement chez le blé tendre, afin de connaître les besoins des cultures en azote en cas du semis direct.

Pour ce faire, le présent document sera divisé en trois chapitres :

- Chapitre I : Revue bibliographique rassemblant les diverses données bibliographiques collectées sur le blé tendre et son mode de conduite de fertilisation, ainsi sa production en système de semis direct.
- Chapitre II : Matériels et méthodes qui décrivent les méthodologies et les outils utilisés dans la réalisation de cette étude. Et sera divisée en deux sous-parties : analyse de sol et l'effet de la dose d'azote sur les paramètres de rendement.
- Chapitre III : Résultats et discussion concernant les principaux résultats obtenus et son interprétation.

Enfin, une conclusion générale résumera les principaux acquis de cette étude et précisera des perspectives pour la poursuite de ce système de production (semis direct).

## **Présentation de l'institution**

### **Aperçu sur l'Institut National de la Recherche Agronomique**

L'INRA, Institut National de la Recherche Agronomique, créé en 1914, est un établissement public à caractère scientifique et technologique. Il est sous la tutelle de Ministère chargés de l'Agriculture et la pêche maritime.

L'INRA a pour missions de :

- Œuvrer au service de l'intérêt public en maintenant l'équilibre entre les exigences de la recherche et la demande de la société ;
- Produire et diffuser ses connaissances scientifiques et ses innovations dans le domaine de l'agriculture de l'alimentation et de l'environnement ;
- Procéder aux recherches scientifiques et techniques ayant pour objets le développement de l'agriculture et de l'élevage ;
- Commercialiser les résultats de ses recherches, études et travaux.

### **Aperçu sur le centre régional de la recherche agronomique de Meknès**

L'INRA est divisé en plusieurs départements de recherche touchant l'agriculture, l'alimentation et l'environnement répartis sur 38 unités de recherche. Cela représente près de 10 Centres Régionaux (CRRA) et chaque centre régional dispose des domaines expérimentaux.

Et plus particulièrement le centre régional de la recherche agronomique de Meknès. Il a pour vocation de contribuer à améliorer des technologies performantes pour répondre aux besoins de l'agriculture de la région Fès-Meknès et domicilier des projets de recherches en prise avec les problématiques prioritaires de la durabilité des systèmes de culture.

Le CRRA Meknès dispose de 4 unités de recherches (U.R) :

- U.R Agronomie et Physiologie Végétale (URAPV).
- U.R Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-génétiques.
- U.R Protection des Plantes.
- U.R sur la gestion durable des ressources naturelles.

Les pôles de recherche qui structurent les projets de l'URAPV s'est déroulé mon stage :

◆ Les effets des systèmes de culture et la fertilisation sur les rendements, ◆ les effets des systèmes de culture sur la structure du sol, ◆ les effets des systèmes de culture sur l'efficacité d'utilisation de l'eau, ◆ le comportement des variétés dans différents systèmes de culture, ◆ la conception de nouveaux itinéraires techniques et systèmes de culture (document interne INRA).

## Chapitre I : Revue bibliographique

### I. Généralités sur le blé

#### 1. Phylogénie du blé tendre

Le blé tendre, est un blé hexaploïde ( $2n = 6x = 42$ ) avec trois génomes A, B et D (Figure 1), provenant d'espèces diploïdes différentes (Sears, 1954). Le blé tendre est issu d'un croisement naturel interspécifique entre un blé dur tétraploïde (*Triticum dicoccoïdes*) et une espèce diploïde de *Triticeae* (*aegilops*). L'allopolyploïdie du blé résulte de deux hybridations interspécifiques successives entre des espèces diploïdes apparentées qui ont amenés les trois génomes présents chez le blé tendre : A, B et D. Le blé tendre hexaploïde résulte de l'hybridation interspécifique de *Triticum turgidum dicoccoïdes* et l'espèce diploïde (*aegilops*) donneuse du génome D (Anonym., 2021).

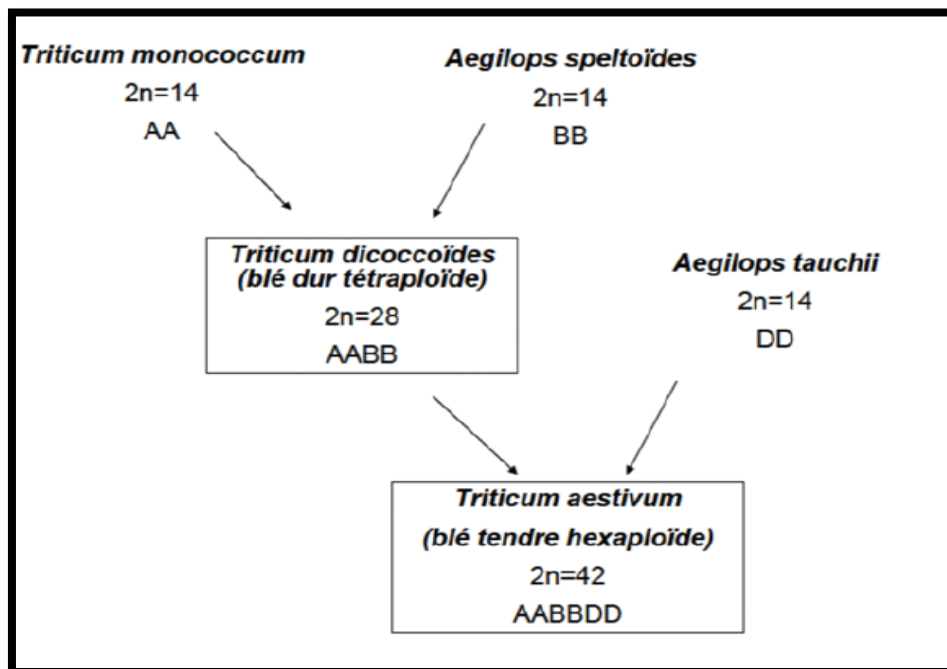


Figure 1 : Phylogénie du blé tendre (Anonyme., 2021).

#### 2. Taxonomie

Le blé tendre est une plante monocotylédone appartenant au genre *Triticum* de la famille des Graminacée (Poaceae). C'est une céréale dont la graine est un fruit sec indéhiscent, constitué d'une graine et de téguments.

Tableau 1: Systématique de blé tendre (classification APGIII : Chase et Reveal., 2009).

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Spermaphytes</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Angiospermes</i>
<b>Classe</b>	<i>Monocotylédones</i>
<b>Ordre</b>	<i>Poales</i>
<b>Famille</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Triticum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Triticum aestivum. L (blé tendre)</i>

### 3. Principaux stades phénologiques

Le semis de blé se réalise en automne, il se croit en hiver et mûrit à la fin du printemps, les variétés de blé tendre cultivées au Maroc ne nécessitent pas de vernalisation. Ce sont des variétés de printemps dont les stades de croissance commencent par la germination puis, la levée, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison et la maturité physiologique.

- **Tallage** : correspond à l'initiation des ébauches d'épillet, au développement de la première tige primaire correspond l'apparition des racines de tallage ou racines adventives.
- **Montaison** : est atteint lorsque le premier nœud de la tige principale est à 1 cm de plateau du tallage ; ce stade marque l'élongation des entre-nœuds.
- **Épiaison** : ce stade est atteint lorsque 50 % des épis sont visibles. A ce stade le nombre de grains et le rendement potentiel sont déterminés (Loss et Siddique.,1994).
- **Floraison** : cette phase est caractérisée par l'apparition des anthères sur les épis. Elle se coïncide avec la fin de la phase végétative et le début de remplissage des graines (Gate.,1995).
- **Maturité physiologique** : A ce stade les épis sont de couleur jaune et le transfert de la matière sèche vers les graines s'arrête complètement. Ainsi, le remplissage des graines est achevé et le poids sec atteint sa valeur maximale.

### 4. Fertilisation azotée

#### a. Différentes formes de l'azote dans le sol

L'azote est un élément majeur dans la vie de la plante. L'azote est présent dans le sol sous deux formes :

✚ **Forme organique** : représente une grande fraction de l'azote total du sol, son assimilation par les racines de la plante, nécessite une minéralisation qui transforme l'azote organique (résidus organique, humus) en azote minérale (azote ammoniacale  $\text{NH}_3$  ou nitrate  $\text{NO}_3^-$ ).

✚ **Forme inorganique** : représente environ de 5 % de l'azote totale du sol. Ce dernier se trouve principalement sous forme nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) ou d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Dayegamiye *et al.*, 2007).

*b. Effet de l'azote sur la croissance des céréales*

L'azote constitue le principal facteur limitant dans la production et la qualité du blé. Il exerce une action essentielle sur la croissance de la plante (Habib *et al.*, 1996), les besoins en azote sont particulièrement importants en période d'intense activité photosynthétique (montaison, floraison). L'azote est un élément essentiel à la multiplication cellulaire et au développement des organes végétatives. Il accroît la surface foliaire, stimule la synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre des chloroplastes. Dans des conditions de carence en azote, il se produit interruption du processus de tallage et les jeunes talles sont alors affectés et leur croissance commence le début de régression, le nombre d'épis par mètre carré et le nombre de graines par épis sont faible (Masle., 1982).

Plusieurs auteurs ont mis en évidence une corrélation étroite entre la fertilisation azotée et le rendement parmi eux (Bendidi., 2008).

*c. Effet de l'azote sur les composantes de rendements*

Les travaux ont montrés que la fertilisation azotée augmente le rendement en grain de blé surtout dans des conditions de bonne utilisation de l'engrais. Selon Bendidi *et al.*, (2011) le rendement en grain a une dose de 160 kg N/ha a donné le résultat la plus élevées par rapport aux faibles doses en azote en année pluvieuse. Le nombre de grain par unité de surface est proportionnel à la dose d'azote. La hauteur de la plante est également influencée, il a trouvé que la hauteur des plantes fertilisées est de 88.6 cm, tandis que la hauteur des plantes du témoin sans azote a été de 78.7 cm (Bendidi *et al.*, 2011).

## **II. Culture de blé dans le système de semis direct**

### **1. Semis direct au monde**

Le semis direct connaît un large spectre de répartitions mondiale environ 100 millions d'hectares répartis principalement dans : États-Unis, Brésil, Canada, Argentine, Australie et l'Europe. Le développement de semis direct apparaît au même période de la disponibilité des herbicides qui permettent aujourd'hui de mieux gérer les résidus. Dans le même temps les

constructeurs de machines agricoles fabriquent des semoirs spécifiques semis direct capables de semer sans travailler le sol, aussi de nombreuses institutions de recherche agronomique affinent leurs travaux en allant vers le semis direct pour des raisons économiques, agronomiques et climatiques (Raguin., 2008).

## **2. Semis direct au Maroc**

Pour arriver à une agriculture pluviale compétitive et durable, les chercheurs du centre régional de la recherche agronomique de Settat ont testé le système de semis direct dans le but de le fixer. En effet, après plusieurs années de recherche effectuées par l'INRA, le système de semis direct passe de stade d'essai à l'adoption de cette pratique culturale (Raguin., 2008). En effet, beaucoup d'efforts pour une dissémination plus large du semis direct ont été consentis par les institutions de développement en collaboration avec l'INRA et les institutions d'enseignement supérieur agricoles. Dans le cadre du plan Maroc vert qui vise à renforcer la résilience climatique de l'agriculture et la durabilité des systèmes et l'amélioration de l'état des sols, plus de 30 000 hectares ont été conduits en semis direct en 2019-2020. Le programme national de semis direct cible une superficie de 50.000 hectares répartis sur les différentes régions (Tali., 2021). En plus la stratégie « Génération Green » qui vise à cibler un million d'hectares sous semis direct en 2030 (MAPM.,2022).

## **3. Principes de base de semis direct**

En systèmes de semis direct, la couverture du sol doit respecter la présence d'un mulch d'au moins 30% de sol et l'élimination de tout outil de travail du sol, le maintien de surface couverte par des résidus végétaux sert à contrôler l'érosion hydrique et l'érosion éolienne (Mrabet., 2001).

### ***a. Contrôle des adventifs***

Les mauvaises herbes sont les premières utilisatrices de l'eau du sol, elles entrent en compétition devant l'utilisation de la réserve en eau du sol surtout en zone de bour. Les rendements sont affectés et peuvent atteindre 63% dans les zones. (El-Brahli *et al.*, 1997).

Pour cela, le désherbage chimique est conseillé par l'application des herbicides résiduels, et les herbicides anti-dicotylédones qui permettent un contrôle adéquat des mauvaises herbes. En effet, ces herbicides sont caractérisés par leur persistance dans le sol et leur large spectre d'action (El-Brahli et Mrabet., 2000).

### *b. Gestion des résidus de surface (mulch)*

Les résidus de surface jouent un rôle dans la réduction du ruissellement et l'augmentation du stock en eau du sol par le biais de l'amélioration de l'infiltration des eaux de pluie et le maintien de l'humidité dans le sol.

Les résidus de surface peuvent aussi diminuer l'impact des gouttes de pluies (effet splash) sur les particules fines de surface car l'énergie cinétique des gouttes n'est plus absorbée mais est transformée en force de cisaillement qui provoque détachement et « splash ». Les particules détachées par les gouttes de pluie sont généralement des micro-agrégats qui deviennent facile à éroder (Le Bissonnai.s, 2002).

La clé de la réussite de l'installation des cultures est d'assurer un niveau adéquat des résidus, de plus la protection de la surface du sol contre les agents climatiques (pluie, vent, température et radiation) ne peut être assuré que par un niveau convenable de mulch (Bourarach et al., 1995).

### *c. Équipement de semis direct*

Pour réussir la conduite du non labour, il est essentiel de disposer de semoirs adaptés qui peuvent semer et déposer les engrais dans le sol non travaillé et sous couvert (Bourarach *et al.*, 1998). Le semoir semis direct permet à la fois de creuser un petit sillon et d'y déposer les semences. Les roues de tassement servent à remplir le sillon, assurer un bon contact semence-sol et contrôler la profondeur de semis. En effet, le semoir est équipé d'un système d'emplacement des engrais (Mrabet, 2001).

## **5. Potentialités agronomiques du semis direct**

Avec le travail du sol les rendements de blé sont plus bas qu'en semis direct et présent des fluctuations d'une année à autre (El Brahli *et al.*, 2001).

### *a. Effet de semis direct sur le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau*

Le semis direct permet d'augmenter la quantité d'eau disponible pour le blé. Il y a une meilleure utilisation de l'eau en cas de semis direct que sous les autres types de travaux du sol. En effet, le stockage de l'eau de pluie est amélioré de 10 à 30 % par rapport aux techniques traditionnelles (El Yadari *et al.*, 2018). Ce système de production permet aussi d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau pour la plante en comparaison avec les techniques conventionnelles (tableau 2). La couverture en mulch permet de limiter l'évaporation du sol tout en gardant un taux d'humidité élevée pour la culture du blé en bénéficie largement du l'eau (quantitativement et qualitativement) (Mrabet., 2001).



Tableau 2: Effet du travail du sol sur le rendement du blé tendre et l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) à Sidi El Aydi (blé continu, 1995-1999) (Mrabet., 2000).

Travail du sol	Rendement grain (q/ha)	EUE (kg mm <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )
Semis direct	23.7	7.1
Chisel	24.1	7.1
Charrue à disques	23.6	6.6
Pulvérisateur à disques	19.7	5.8

### b. Rétributions économiques et écologiques

Selon Bouzza (1990) et Bourarach (1989), le travail du sol à sec occasionne des pertes d'énergie et il n'améliore pas la production, celle après les pluies est généralement difficile à réaliser et nécessite des machines puissantes à cause des conditions hydriques qui engendrent des états de lits de semences inadéquats pour l'installations des cultures.

Le zéro labour permet de supprimer l'une des causes principales des faibles rendements, (semis tardif) à cause du temps consacré par les agriculteurs durant les opérations de travail du sol qui cause le semis tardif.

Aboudrare (2001) a montré que la technique du semis direct à un effet plus significative en année sèche qu'en année humide. Bessam et Mrabet (2001) ont trouvés que le taux de matière organique augmente de façon remarquable sous semis direct en fonction du temps, alors que sous labour classique, le sol garde sensiblement les mêmes taux (tableau 3).

Tableau 3: Effet du système de travail du sol sur le carbone organique du sol en fonction du temps (El Brahli et Mrabet., 2000).

Travail du sol	Horizons					
	0-25		25-75		70-200	
	MO1	MO2	MO1	MO2	MO1	MO2
Semis direct	1.80	2.31	1.30	1.42	1.10	1.23
Labour classique	1.43	1.45	1.21	1.45	1.02	1.22

MO1= Carbone organique après 5 années d'expérimentation en %.

MO2= Carbone organique après 11 années d'expérimentation en %.

## **6. Fertilisation en semis direct**

En semis direct, le sol doit être de fertilité équilibrée et contient une bonne réserve en éléments minéraux qui permet de mieux alimenter la masse de racines qui se trouve en dehors des bandes d'engrais. Les résultats au Québec indiquent que les besoins de fertilisation des cultures sont les mêmes que ce soit en conduite conventionnelle ou en conduite en semis direct (Tremblay., 2020).

L'application d'azote à la surface du sol peut résulter en une efficacité moindre et une contamination possible des eaux de surface à cause des pertes possibles par ruissellement ou par volatilisation. Le phosphore et le potassium, sont peu mobiles dans le sol, s'ils sont appliqués à la volée et qu'aucun travail du sol n'est effectué, ils ont tendance à s'accumuler à la surface, il peut en résulter un enrichissement excessif du sol (stratification). Il est donc recommandé d'incorporer les engrais sous la surface avant le semis ou par une application au moment du semis dans les sillons avec les semences (Tremblay., 2020).

## Chapitre II : Matériels et méthodes

Notre étude sera divisée en deux parties :

**Partie A** : analyse du sol au laboratoires de l'URAPV.

**Partie B** : mesures des paramètres agronomique.

### I. Matériel végétal

Notre étude a porté sur le blé tendre, la variété semée est « AMAL » d'obtention INRA, qui est une variété productive avec un rendement moyen de 41 q/ha. Elle a une résistance à certaines maladies comme les Rouilles, Septoriose et la Cécidomyie.

### II. Localisation des essais et conditions de milieu

#### a. Localisation des essais

Un essai de terrain a été installé au domaine expérimental de Douyet. C'est une station expérimentale située à 9 Km hors de la ville de Fès vers Meknès, c'est une zone de bour favorable qui fait partie de la plaine Saïs, province de Moulay Yaakoub, réparti sur une superficie de 440 ha et une altitude de 416 m.

#### b. Données pédoclimatiques

Le domaine expérimental de Douyet est caractérisé par un sol limono-argileux, très fertiles et bien profonds, une température de type méditerranéen à hiver froids et a été chaud et sec. La température maximale peut atteindre 46 ° C et celle minimal environ de 5 °.

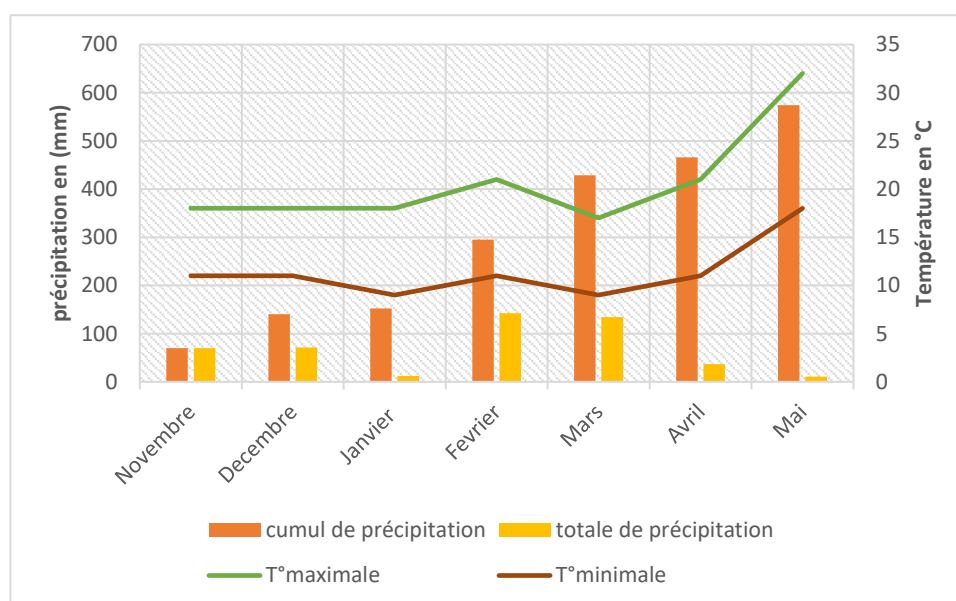


Figure 2 : Données de précipitations et températures moyennes de Douyet 2021/2022.

A cause de l'absence de précipitation une irrigation d'appointe de 50 mm a 15 Février été réaliser pour sauver les essaies. D'après la figure 2 on observe des faibles précipitations avec une mauvaise répartition le long de cycle de croissance de la culture surtout pendant les mois Mars-Avril qui se trouve en coïncidence avec le stade remplissage des graines. Ces conditions climatiques défavorables vont influencer négativement les rendements.

### A. Méthodes d'analyse du sol

#### ❖ Échantillonnage

La préparation des échantillons prélevées au laboratoire comprend :

- Séchage du sol dans l'étuve à 70°C pendant 24 h,
- Broyage par un mortier à ce que la taille des grains ne soit pas abimée,
- Tamisage avec un tamis 2 mm.

#### 1. Détermination de l'azote totale

##### a. Principe

La digestion dans l'acide sulfurique à des températures élevées permet de convertir l'azote organique à l'azote ammoniacale. L'ammonium dans l'extrait est déterminé par titration de  $\text{NH}_3$  dégagé par distillation à vapeur dans un milieu alcaline.

L'analyse de l'azote se fait en trois étapes : la digestion, distillation et titration (figure 3,4,5).

##### b. Matériels

- ✓ Bloc de digestion.
- ✓ Appareil de distillation.
- ✓ Appareil de titration.
- ✓ Tubes de digestion.

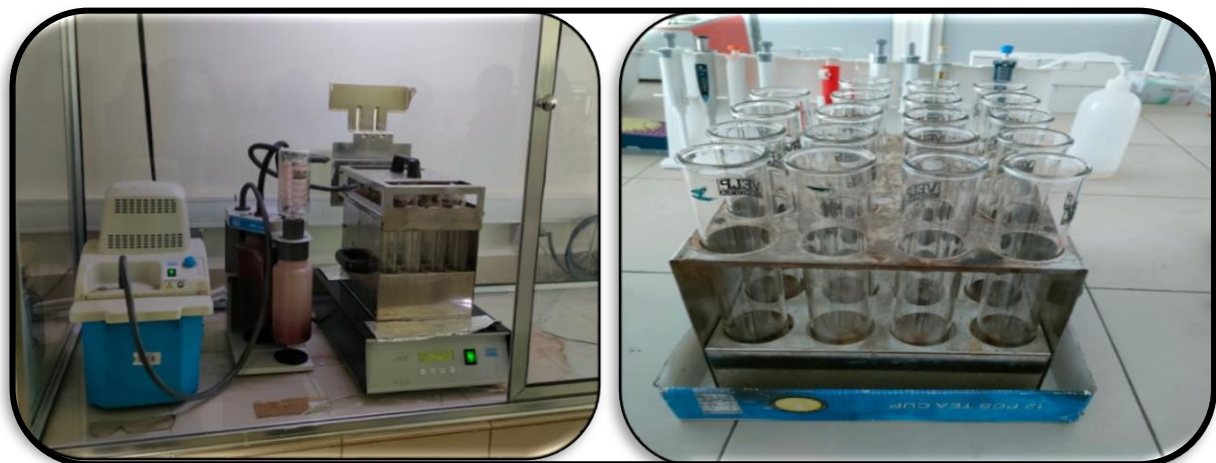


Figure 3 : Appareil et bloc de digestion.



Figure 4 : Distillateur



Figure 5 : Appareil de titration

### c. Réactifs

- ✓ Catalyseur comprimés (Kjeldahl) ( $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SE}$ ).
- ✓ Acide sulfurique concentré ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- ✓ Acide borique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

Dissoudre 40 g d'acide borique dans 2 L d'eau distillé.

- ✓ Acide sulfurique 0.05 N en utilisant titrisol ou en diluent avec l'eau bi-distillé.
- ✓ Indicateur coloré.

### d. Mode opératoire (méthode de Kjeldahl)

- Peser 1 g de la plante préalablement broyé dans un tube de digestion ;
- Faire un blanc et un standard de l'échantillons dans les mêmes conditions ;
- Ajouter 1 tablette de Kjeldahl ou environ 2g du catalyseur ;
- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique concentré et mélanger un peu ;
- Porter au bloc de digestion et bouillir pendant 1h30 à 420 °C. L'extrait doit être claire, sinon continuer la digestion jusqu'à ce que cette condition soit acquise ;
- Laisser refroidir, et jauger à 100 ml avec l'ED ;
- Faire marcher l'appareil de distillation avec l'eau distillée pour quelques minutes ;
- Verser le contenu dans des flacons de Kjeldahl et ajouter 70 ml de NaOH 10N ; attentivement et immédiatement commencer la distillation pendant 3 minutes ;
- Collecter le distillat dans 20 ml de l'acide borique et 3 à 5 gouttes de l'indicateur coloré et titrer avec l'acide sulfurique 0,05 N.

- Calcule :  $\%N = ((E-B) * N * 14,01 * 100) / P * 1000$

E = volume de titration de l'échantillon ; N = normalité de l'acide sulfurique

P = poids de l'échantillon en g ; B = volume de titration du blanc.

## 2. Détermination de la matière organique (MO)

### a. Principe de méthode : méthode Walkey-Black

La matière organique du sol joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, Grâce à ses multiples fonctions, particulièrement son pouvoir de résistance à l'érosion.

Pour déterminer la matière organique dans les sols agricoles, on réalise un dosage du carbone organique présent dans les échantillons.

### b. Réactifs

- ✓ Acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ ) 98% (d=1,83).

- ✓ Bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  1N

-Sécher le bichromate de potassium à 105°C et refroidir dans un dessiccateur ;

- Peser 49,04 g de  $K_2Cr_2O_7$  et dissoudre dans environ 800ml d'eau distillée ;

-jaugé à un litre.

- ✓ Sulfate de fer ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 1N :

-Dissoudre 69,5 g (278g divisé sur 4) ;

-Ajouter 1,25 ml d'acide sulfurique ;

-Laisser refroidir et puis jauger à 250 ml.

- ✓ Indicateur : diphénylamine :

-Dissoudre 0,5 g de diphénylamine dans un mélange de 20 ml de  $H_2O$  et 100ml de ;

- $H_2SO_4$  concentré.

- ✓ Témoin : 5ml de bichromate de potassium + 10ml d'acide sulfurique.

### c. Protocole expérimental

- Peser 0,5g de sol dans erlenmeyer de 250 ml ;
- Ajouter 5ml de bichromate de potassium 1N ;
- Agiter à la main doucement jusqu'à dispersion du sol ;
- Ajouter 10 ml de  $H_2SO_4$  concentré en agitant doucement environ 1min ;
- Laisser reposer 30 min sur un isolant thermique ;
- Ajouter 75 ml d'eau distillée ;

- Ajouter 5ml d'acide Orthophosphorique ( $H_3PO_4$ ) concentré ;
- Laisser au repos pendant 30 min ;
- Ajouter 0,5 ml (4 gouttes) de l'indicateur Phénylamine et homogénéiser ;
- Titrer l'excès de  $K_2CR_2O_7$  avec le sulfate de fer ( $FeSO_4$ ) 1N jusqu'au vert billant ;
- Noter le volume de  $FeSO_4$  pour titrer le blanc et l'échantillon.

**Calcule :**  $MO = 2,3 * [(VT - VT_i) * 0,3] * 0,5 / \text{poids du sol}(g)$

VT = volume total ;  $VT_i$  = volume titré.

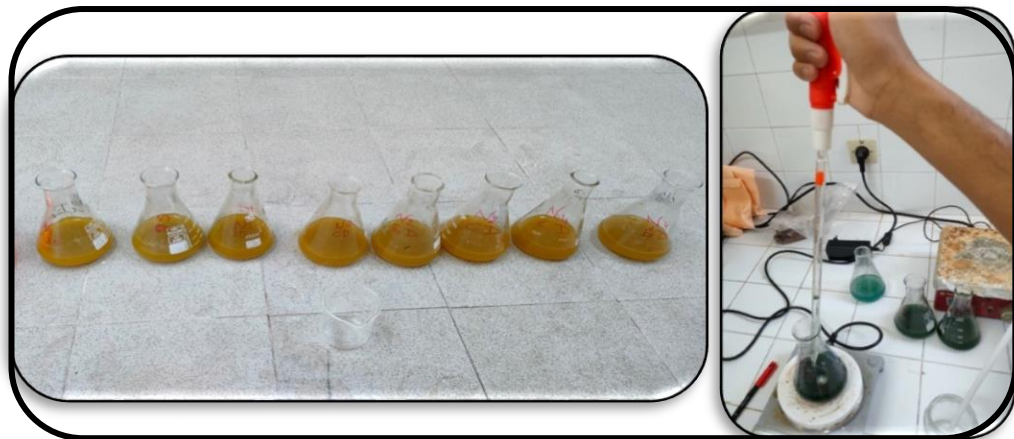


Figure 6 : Titration par le sulfate de fer ( $FeSO_4$ ).

### 3. PH du sol

Le pH traduit l'acidité du sol et conditionne et reflète la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante.

#### a. Principe

Le pH est une indication de la concentration en ions  $H^+$  présents dans le sol. Plus la concentration en ions  $H^+$  est élevée, plus le pH est faible (acide). Au contraire, plus la concentration en ions  $H^+$  est faible, plus le pH est élevé (alcalin). En théorie, les valeurs de pH peuvent aller de 0 à 14 mais pour la plupart des sols, le pH mesuré varie de 4 à 9.

#### b. Réactifs

Solution Tampons de pH = 4.0, pH = 7.0 et pH = 9.0.

#### c. Mode opératoire

- Peser 10 g du sol dans des béchers de 50 ml ;
- Ajouter 30 ml d'eau distillée ;
- Agiter 3 fois avec une baguette pendant 30 secondes ;
- Lire le pH après 30 minutes (après calibration de l'appareil).



Figure 7 : mesure de pH du sol

#### 4. Conductivité électrique

##### a. Principe

La conductivité électrique d'un sol permet d'estimer le taux en sel soluble dans le sol, cet indice augmente en fonction des ions présent et mesure par conséquent la salinité du sol. On mesure la conductivité par un instrument possède deux électrodes. L'échantillon se comporte comme un conducteur électrique. La conductivité s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

##### b. Mode opératoire

- Peser 10 g du sol dans des béchers de 50 ml ;
- Ajouter 30 ml d'eau distillée ;
- Agiter 3 fois avec une baguette pendant 30 secondes ;
- Lire au conductimètre.



Figure 8 : Mesure de la conductivité.

#### 5. Phosphore du sol

##### a. Principe

La détermination de la teneur en phosphore du sol est importante. Il permet connaître la quantité de P disponible pour les plantes sous sa forme assimilable, car celui-ci peut constituer un facteur



limitant de cultures, entraînant de faibles rendements. L'extraction se fait par une solution de Bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ).

*b. Réactifs*

- ✓ Bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) 0,5 N à pH = 8,5 (Solution d'extraction) ;
- ✓ Dissoudre 42 g de  $\text{NaHCO}_3$  dans 900 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  donc 233g dans 5 L de  $\text{H}_2\text{O}$  ;
- ✓ Solution de préparation de la coloration (SPC)

**S<sub>1</sub>** : Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) : ajouter 148ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré. Compléter à 1l avec  $\text{H}_2\text{O}$ ,

**S<sub>2</sub>** : Dissoudre 12 g de molybdate d'ammonium dans environ 250 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ ,

**S<sub>3</sub>** : Dissoudre 0,2908 g du potassium antimoine tartrate dans environ 100ml d'eau distillée.

Ajouter les trois solutions **S<sub>1</sub>**, **S<sub>2</sub>** et **S<sub>3</sub>** et ajuster à 2L avec l'eau distillé.

- ✓ Dissoudre 1,056 g d'acide ascorbique dans 200 ml de SPC ;
- ✓ Préparer des standards de 0, 1, 2, 3, 4 et 5 ppm en diluant 0, 5, 10, 15, 20 et 25 ml.

*c. Mode opératoire*

- Peser 2,5 g de sol dans un flacon ;
- Ajouter 50 ml de la solution d'extraction ;
- Agiter pendant 30 min ;
- Filtrer la solution à travers Wattman ;
- Prélever 10 ml de l'extrait dans une fiole de 50 ml ;
- Acidifier avec 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ;
- Ajouter 8 ml de solution d'acide ascorbique ;
- Compléter à 30 ml avec l'eau distillée ;
- Lire l'intensité de la couleur bleu à 820 nm après 10 à 15 min.
- Prélever 10 ml de chaque standard dans des béchers de 50 ml.

 **Étalonnage**

- Ajouter 8 ml de la solution d'extraction plus acide ascorbique ;
- Acidifier avec 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ;
- Compléter à 50 ml avec  $\text{H}_2\text{O}$  ;
- Lire l'intensité de la couleur bleu à 820 nm après 10 à 15 min.



Figure 9 : Filtration avec papier wattman.

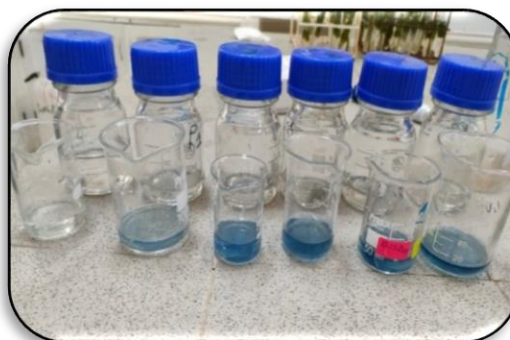


Figure 10 : Gamme d'étalonnage.



Figure 11 : Agitateur, Distributeur et spectrophotomètre

## 6. Analyse de potassium

### Préparation de la solution d'extraction

On pèse 77.1 g d'acide d'acétate d'ammonium dans l'eau distillée. On laisse agiter. Ajuster le pH 7 avec une solution d'ammoniac si son ph est  $< 7$ , sinon on lui ajoute des gouttes d'acide acétique dilué, puis jauger à 1 litre.

### Préparation de la solution mère

On pèse 1.907 g de KCl, puis jauger à 1 litre de la solution d'extraction. (1000 ppm de potassium).

### Préparation des solutions étalons

- Témoin=solution d'extraction (0 ppm),
- On prélève 2 ml de la solution mère dans 100 ml de la solution d'extraction (20 ppm),
- 4 ml/100 ml (40 ppm),

- 6 ml / 100 ml (60 ppm),
- 8ml / 100 ml (80 ppm),
- 10 ml / 100 ml (100 ppm).

*a. Mode opératoire*

- On pèse 5 g de sol dans des bouteilles en plastique fermés. On lui ajoute 100 ml de la solution d'extraction. Puis laisser agiter pendant 30 min dans un agitateur,
- On filtre des erlyens de 250 ml,
- Lire au spectrophotomètre.



Figure 12 : Spectrophotomètre d'mission à flamme.



Figure 13 : Gamme d'étalonnage

Remarque : on dilue lorsque la valeur dépasse la valeur de lecture de son ppm.

## B. Paramètres agronomiques

### 1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un split-plot. Il est constitué de 3 blocs (facteur principal), chaque bloc est subdivisé en deux sous blocs (variant du premier facteur). Ce dispositif nous permet d'étudier deux facteurs (dose d'azote, travail du sol) et un gradient d'hétérogénéité. Dans notre secteur d'étude, puisque l'essai est imbriqué sur une étude de longue durée de l'INRA, seul le blé sous semis direct (SD) est étudié, le dispositif expérimental pour notre étude peut être considéré comme un DBAC (dispositif en bloc aléatoire complet).

Le travail du sol comprend un labour conventionnel (CD) : l'outil utilisé pour la préparation du lit de semences est la charrue à disques. La profondeur labour est de 35-40 cm. Le semis direct (SD) a été réalisé par un semoir semis direct.

R1	SD	N0		N1		N3		N2
	CD	N3		N0		N2		N1
R2	CD	N2		N0		N1		N3
	SD	N1		N3		N0		N1
R3	SD	N3		N2		N1		N0
	CD	N1		N0		N3		N2

N0=0                      N1=50                      N2=100                      N3=150 en Kg N/ha

*Figure 14 : Dispositif expérimental en Split-plot.*

## 2. Composantes de rendements

Les composant du rendement relatif à la culture ont été déterminée sur la base des mesures de comptage choisis au hasard a l'intérieur des parcelles. A l'intérieur de chaque parcelle en prend un mètre linéaire et les chiffres obtenus seront transformée en surface (m<sup>2</sup> et ha). Les composantes de rendement étudiés :

- **La biomasse totale** : pesage du poids de l'échantillon de chaque parcelle.
- **La hauteur de la plante** : Les mesures de la hauteur de la tige est indispensable, pour connaitre l'effet de la hauteur sur l'épiaison (paille/épis) et sur la verse mécanique. Il a été calculer après la récolte en utilisant un mètre
- **Le nombre de pied par mètre linéaire** : le comptage est réalisé après la récolte ai niveau de chaque parcelle sur un mètre linéaire.
- **Le nombre de thalle par pied** : Le tallage est très important dans l'évaluation du rendement, il est compté à partir la division du nombre de thalle sur le nombre des plantes par mètre carré.
- **Le nombre des épis** : le comptage des épis de l'échantillon de chaque parcelle puis le nombre obtenu sera transformé en maitre carré.
- **Le Pois de mille graines** : Le poids de 1000 grains est une composante essentielle du rendement, il est déterminé en pesant le poids de 100 graines et le chiffre obtenus est multiplié par 10.



Figure 15 : compteur des graines



Figure 16 : Appareil de battage

### Analyses statistiques

La gestion de la base de données, organisation et dépouillement ont été réalisés moyennant le logiciel EXCEL. Les analyses statistiques consistent en une analyse de la variance pour évaluer l'effet du labour, de la dose d'azote sur les paramètres de rendements. Le test de la plus petite différence significative Student-Newman-Keuls (SNK à 5%) a été utilisé pour comparer les moyennes des différents traitements (logiciel SPSS version 25).

### Chapitre 3 : Résultats et discussions

#### I. Résultats des analyses du sol

Tableau 4: Tableau des propriétés du sol du domaine expérimental de Douyet.

Élément	CD	SD	Interprétations
Argile %	39,9		Limoneux argileuse (Vertisol)
Limons %	48,5		
Sable %	11,6		
Matière organique %	3,57	3,59	Très élevée
Phosphore assimilable (ppm)	19,88	19,65	Faible
pH	7,94	7,95	Peu alcalin
Conductivité électrique (us)	0,23	0,22	Non salé
L'azote total (%)	0,15	0,17	Riche
Potassium (k)(ppm)	310,22	303,85	Très élevée

Les analyses du sol du domaine expérimental de Douyet montrent que la moyenne de la teneur en matière organique est très élevée, concernant le phosphore assimilable a révélé une teneur faible, tandis que la teneur en potassium est très élevée selon les normes décrit par (Delaunoy *et al.*, 2008 ) (annexe 1). Le pH est peu alcalin (annexe 1), tandis que la valeur de la conductivité électrique montre que le sol est non salé (annexe 1). On peut conclure que notre sol est un vertisol de texture limoneux-argileuse.

#### II. Résultats d'essai de Douyet

##### ❖ Analyse de la variance

Il y avait un effet significatif de la dose d'azote sur le nombre total de graines et le rendement (tableau 6), La classification des moyennes par le test Newman et Keuls (SNK) a révélé deux classes dans chacun des paramètres étudiés (tableau 5).

Paramètres / Classes	Rdt(q/ha)	NTG
a	13,35	1273,47
b	22,99	2032,83
Total	18,17	1652,65

Tableau 5: moyennes globales des classes des paramètres à effet significative.

Tableau 6: Analyse de variance (ANOVA) des paramètres agronomiques étudiés.

Variable dépendante	ddl	Rdt	Haut	NTG	PMG	BT	NE	NT
Dose d'azote	3	94,809 **	5,737 NS	585530,334 **	18,143 NS	580,132 NS	58,528 NS	278,972 NS
** : effet significatif / NS : effet non significatif/ Rdt: rendement/ Haut: hauteur de la plante / PMG: poids de mille graines/ BT: biomasse totale/ NE :nombre d'épis/ NT :nombre de talle								

### 1. Effet de la dose d'azote sur le nombre de talle par plante

Les résultats de l'effet de la dose d'azote sur le nombre de talles sont illustrés par la figure 17 :

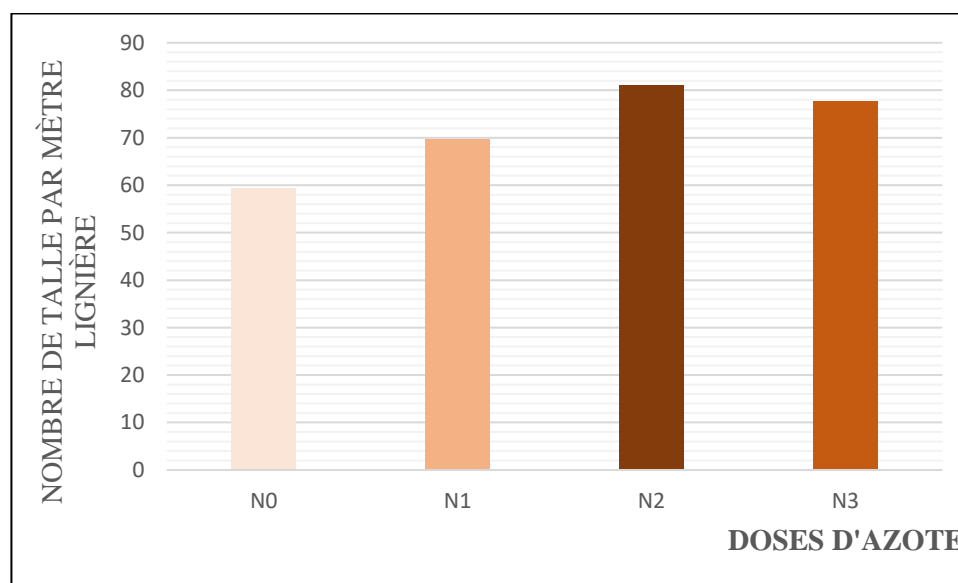


Figure 17 : Effet de différentes doses d'azote sur le nombre de talles.

L'analyse de la variance n'a pas révélé un effet significatif de la dose d'azote sur le nombre de talles/mL ( $p > 0.05$ ) (tableau 6). Cependant d'après la figure 17 qui représente le nombre de talles en fonction de différentes doses d'azote on observe que la dose « N2 » (150 Kg/ha) montre les moyennes de nombre des talles les plus élevées (81 talles), suivie par la dose « N3 » (77 talles). La doses « N0 » a montré la valeur la plus faible (59 talles). Ces résultats sont confirmés par Bencheikh et Derrough (2008) qui trouvent que le passage de la dose de 0 à la dose de 96 unités/ha se traduit par une augmentation de nombre de talles par unité de surface,

qui passe respectivement de 861 à 1092 talles. On exclut la dose « N3 » (150 unités /ha) qui donne une valeur de (77 talles/m<sup>2</sup>), on peut attribuer cet effet aux conditions climatiques défavorables puisque l'accroissement de la dose d'azote nécessite plus de précipitation.

## 2. Effet de la dose d'azote sur le nombre total de graines (NTG) et le PMG

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif de la dose d'azote sur le nombre total de graines ( $p < 0.05$ ) (tableau 6). D'après la figure 18 qui montre l'effet de la dose d'azote sur le NTG, on observe que la valeur la plus élevée est celle de la dose « N1 » (2032 graines) suivie par « N2 » et « N0 » qui ont montré respectivement les valeurs (1463 et 1400 graines), la dose « N3 » a enregistré la valeur la plus faible (956 graines). La classification des moyennes par le test Newman et Keuls (SNK) a révélé l'existence de deux classes (tableau 5). La classe b (N1) avec la moyenne la plus élevée de (2032.83 graines/m<sup>2</sup>) suivie par la classe a (N0, N2 et N3) avec une moyenne de (1273.47 graines /m<sup>2</sup>).

En effet la dose d'azote n'a aucun effet significatif sur le PMG, mais on remarque d'après la figure 19 qui montre l'effet de la dose d'azote sur le PMG que la valeur du PMG augmente proportionnellement en fonction des doses d'azote apportées sauf que la dose « N3 », ceci peut être dû aux conditions climatiques défavorables (année sèche). La plus faible valeur est donnée par le témoin (23.06 g) et la valeur la plus élevée (28.2 g) est donnée par la dose « N2 ».

Ces résultats sont en désaccord avec Djennadi et Rafoufi (2008) qui signalent que le nombre de graines s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote. Et elles ont trouvées que le passage de la dose 46 à la dose 92 unités par hectare, le nombre de graines passe de 32.6 à 36.6. Tandis que Hamadache *et al.*, (2002) indiquent que le passage de la dose 0 à 67 unités/ha se traduit par une baisse du NTG, qui passe de 42.67 à 39.87 graines.

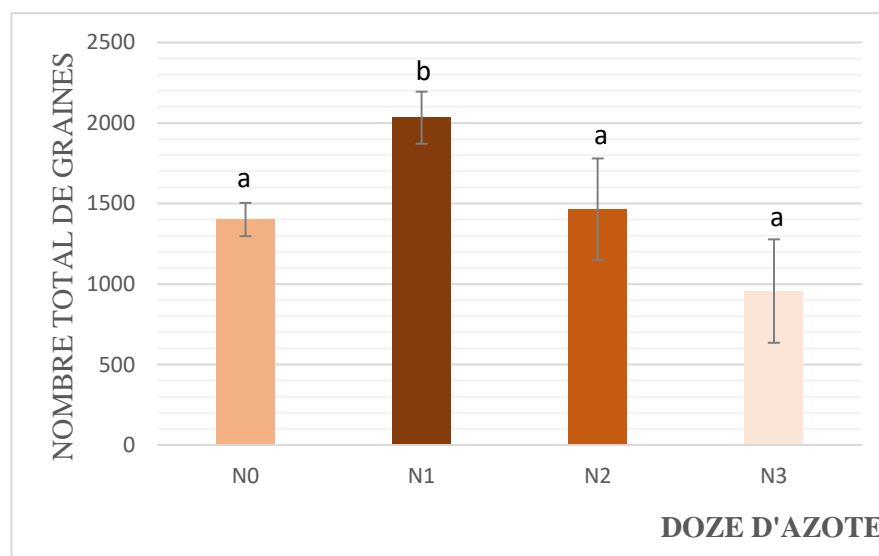


Figure 18 : Effet de différentes doses d'azote sur le NTG.



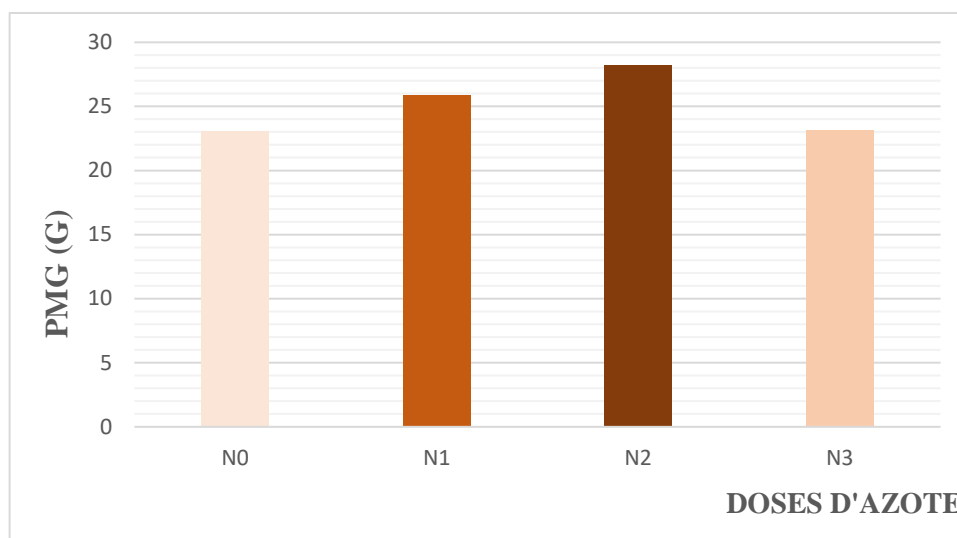


Figure 19 : Effet de différentes doses d'azote sur le PMG.

### 3. Effet de la dose d'azote sur le rendement (q/ha)

Les résultats relatifs au rendement en quintaux par hectare présentées dans la figure suivante :

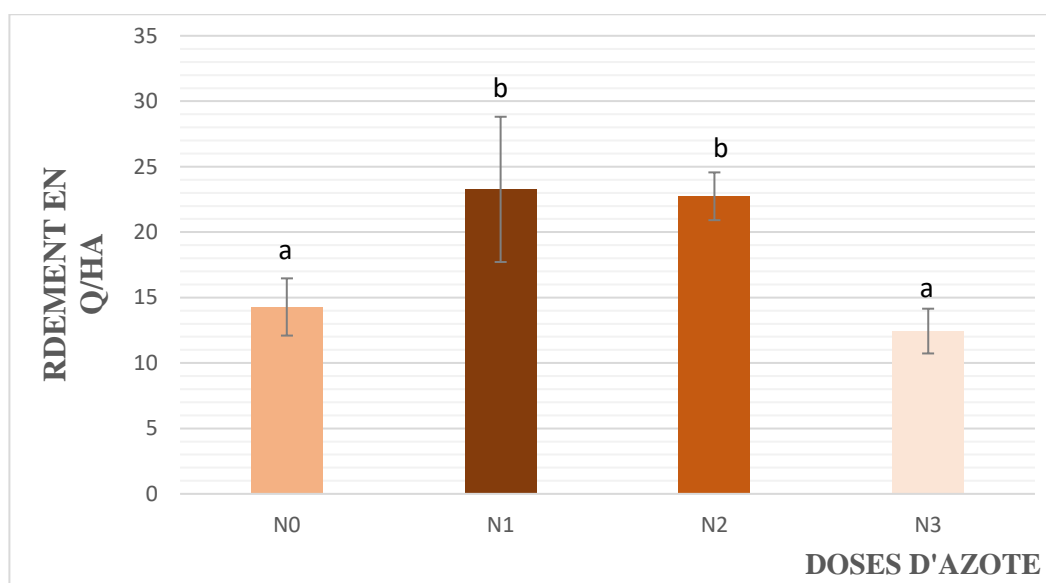


Figure 20 : Effet de différentes doses d'azote sur le rendement

L'analyse de variance a révélé un effet significatif ( $p < 0,05$ ) de la dose d'azote sur le rendement (tableau 6). La dose « N1 » (50 kg N /ha) a enregistré la valeur moyenne la plus élevée (figure 20), ces résultats ont été observés par Boufnar-Zaghouane., (2006) qui mentionne qu'un rapport entre 46 et 70 unités par hectare donne un rendement optimal égale à 38 q/ha. Par contre Hamadache *et al.*, (2002) montrent que le passage de 0 à 67 unités/ha se traduit par une diminution de rendement qui passe de 27.5 à 24.31.

On remarque une baisse de rendement grain pour les doses « N2 » (100 kg/ha) et N3 (150 kg/ha), cela est dû à la baisse du PMG et du nombre de grains/m<sup>2</sup>. La dose N0 (témoin) et « N3 » (150 kg/ha) ont marquées les plus faibles rendements avec des moyennes respectivement de (13.28 et 12.43 q/ha) (figure20).

La baisse du rendement pour les doses 100 et 150 Kg/ha s'explique par les conditions de la sécheresse puisque l'azote est un élément sensible à la volatilisation. Ces résultats sont en désaccord avec celle trouvés par (Bendidi *et al.*, 2011) qui montrent que le rendement le plus élevée a été de 35.52 q/ha pour la dose 160 kg/ha par contre nous avons trouvé que le rendement le plus élevé a été de 23.26 q/ha cette différence peut être expliquée par les conditions de faibles précipitations et que la fertilisation azotée est dépendante de l'état hydrique du sol. Le faible rendement a été enregistré pour le témoin (N0) avec un rendement de 12.43 q/ha, ce résultat est en accord avec (Bendidi *et al.*, 2011) concernant le témoin. Avec la dose 150 kg N /ha (12.43q/ha) le rendement a été faible probablement du fait que cette dose a engendrée un blocage des éléments nutritifs assimilable pour la plante.

La classification des moyennes par le test Newman et Keuls (SNK) a révélé l'existence de 2 classes). Les dose « N1 » et « N2 » (classe b) avec la moyenne la plus élevée de 22.99 q/ha, suivie par les doses « N0 » et « N3 » (classe a) avec une moyenne de 13.35 q/ha (tableau 5).

#### 4. Effet de la dose d'azote sur la biomasse totale et le nombre d'épis

Les résultats de l'effet de la dose d'azote sur la biomasse totale et le nombre d'épis, sont illustrés par les figures 21 et 22 :

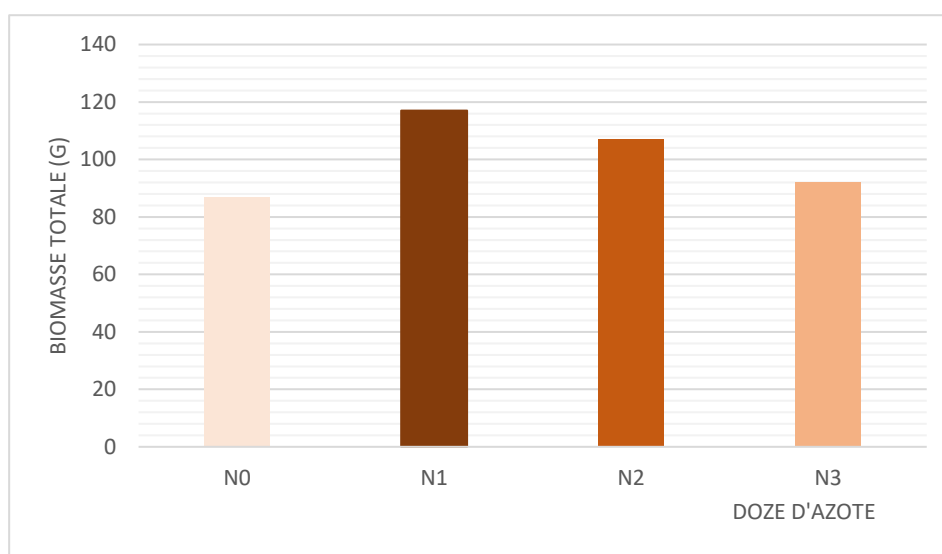


Figure 21 : Effet de différentes doses d'azote sur la biomasse totale.

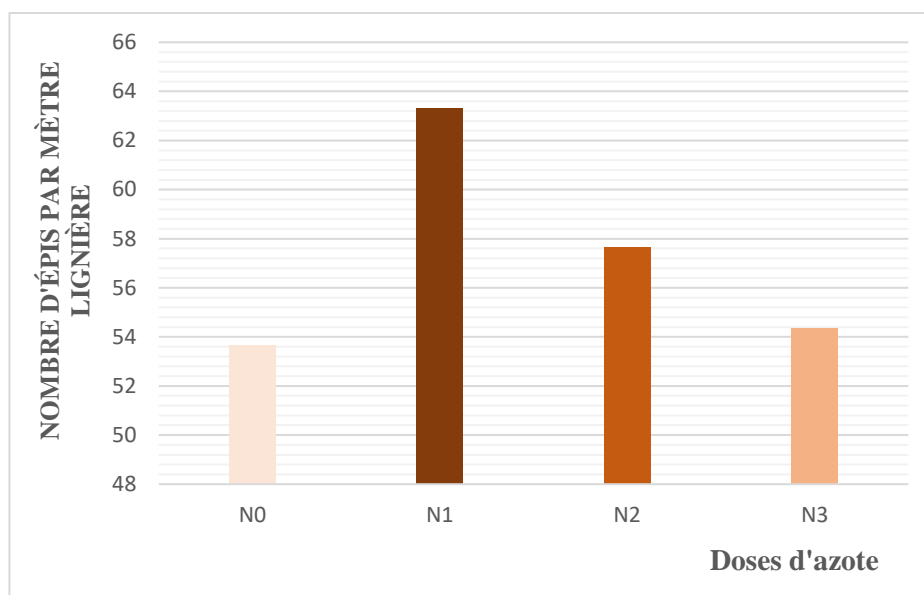


Figure 22 : Effet de différentes doses d'azote sur le nombre d'épis.

L'analyse de la variance n'a pas révélé un effet significatif de la dose d'azote sur le nombre d'épis et la biomasse totale (tableau 6). Les résultats de la figure 24 qui montre l'effet de la dose d'azote sur la biomasse totale montre que la valeur la plus élevée est celle correspond à la dose N1 (117 g), suivie par N2 (107.16 g). Les doses « N3 » et « N0 » ont marqué les moyennes de poids les plus faible respectivement de (92 g et 86.66 g).

D'après la figure 22 la comparaison des moyens montre que la plus faible valeur du nombre d'épis/mL est donnée par le témoin N0 (53.67 épis/mL), « N1 » a enregistré la valeur la plus élevée (63.33 épis/mL), suivie par les doses N2 et N3 avec des valeurs moyennes respectivement de (57.67 et 54.33 épis/mL). Ces résultats sont confirmés par Hamadache *et al.*, (2002), où ils indiquent que le nombre d'épis par unité de surface est influencé par la nutrition azotée. Ils ont trouvé que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, le nombre d'épis par m<sup>2</sup> passe de (241,94 à 273,56). De plus, Bencheikh et Derrough., (2008) montrent que le passage de la dose de 0 à la dose de 48 unités par hectare se traduit par une augmentation de nombre d'épis par m<sup>2</sup>, qui passe de (334,5 à 409).

### III. Conclusion et perspectives

La fertilisation azotée constitue un moyen essentiel pour augmenter la productivité de blé, et l'amélioration des rendements ne peuvent être obtenus que par une fertilisation raisonnée. De plus le semis direct constitue un système de production pour une agriculture pluviale durable et stable en termes de rendement. Les résultats obtenus révèlent que la fertilisation azotée agit différemment selon la dose utilisée.

Les mesures effectuées ont concerné les composantes de rendement, les résultats ont été obtenus dans des conditions climatiques limitantes mm (figure 2), nous avons remarqué que la dose d'azote a eu un effet significatif sur le rendement et nombre totale de graines par m<sup>2</sup>, et nous avons obtenu que le rendement le plus élevée est observé chez la dose N1 (50 kg/ha) par rapport aux autres doses et au témoin.

Suite à cette étude, des recommandations a été tirées dans le but d'améliorer et stabiliser le rendement de blé tendre et les céréales généralement :

- ✓ Le semis direct constitue un système de production prometteur pour une agriculture durable et des rendement stable toute en réduisant les coûts de charges.
- ✓ Le blé tendre doit avoir ses besoins en azote de manière fractionné, surtout au stade tallage et le moment de remplissage des graines.
- ✓ La dose d'azote à apporter est étroitement liée au rendement objectif et conditionné par les conditions de précipitations.

Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude d'autres années afin de bien déterminer la dose d'azote adéquate en système de semis direct. Notons que cette expérience ne représente que les résultats d'une seule année et après trois années de l'application de semis direct elle mérite d'être reconduite pour pouvoir tirer des conclusions plus précises.

En parallèle mon projet principale, j'ai participé à des taches additives :

- Observation et dénombrement de stomates de l'olivier.
- Contribution à la sélection des variétés tolérance au stress salin chez *brassica napus* (colza).



## Références Bibliographique

- **Aboudrare A. 2001.** Le semis direct dans les zones favorables Marocaines (région de Meknès). Actes des 1ères journées de Rencontres Méditerranéennes sur le Semis Direct. Mrabet et al. Settat, 22-23 Octobre 2001.
- **Anonyme 2021.** Le blé tendre : *Triticum aestivum* L, [En ligne] consulté le 19 juin 14h37. <http://ls5infospe.free.fr/ED6/index.htm#>
- **Bendidi Abderrazzak 2008.** Effet de l'irrigation d'appoint, de la dose d'azote et du génotype sur la production du blé tendre et l'efficacité d'utilisation de l'eau dans la région du Saïs. Rapport de titularisation au cadre des Ingénieurs d'Etat. INRA Maroc. 84p.
- **Bendidi Abderrazzak, R. Dahan, M. Ismaili, K. Daoui, R. Razouk et C.D. Khalfi 2011.** Effet de la dose d'azote et du génotype sur la production du blé tendre dans la région du Saïs. Communication affichée présentée au cours du Congrès International sur l'Amélioration de la Production Agricole. APA3 (Settat). P 285.
- **Bendidi Abderrazzak, K. Daoui, L. Bouichou, M. Benbela, M. Ibriz and R. Dahan 2016.** Response of Bread Wheat to Sowing Dates and the Genotypes in Morocco. American Journal of Experimental Agriculture. 14(6) : 1-8.
- **Bencheikh Ch et Derrough R, 2008.** Effet de l'UAN comme engrais azotée sur l'amélioration du rendement du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Sétif. 45p.
- **Bourarach, E.H., A. Bouzza, et A. Nousfi., 1998.** Développement d'un système d'enterrage de semoir direct pour le travail en sol sec. Hommes Terre & Eaux 5-10P.
- **Bouzza, A., 1990.** Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semi-arid areas. Ph.D. Diss. University of Nebraska, Lincoln, USA. 200p.
- **Boufnar-Zaghouane F et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille cultivée en Algérie. 1èreEd. 22-24p.
- **Bourarach, H.E., 1989.** Mécanisation du travail du sol en céréaliculture pluviale : performances techniques et aspects économiques dans une région semi-aride au Maroc. Thèse es- Sciences Agronomiques, IAV Hassan II, Rabat.
- **Bessam, F. and R. Mrabet. 2001.** Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semiarid area of Morocco. Garcia-Torres et al. (eds). In: proceedings of International Congress on Conservation Agriculture. Madrid, Spain. Octobre 1-5, 2001. pp 281-286.

- **Bessam F. et Mrabet R. 2003.** Long-term changes in soil organic matter under conventional tillage and no-tillage systems in semiarid Morocco. *Soil Use and Management* 139–143p.
- **Delaunois, A. 2014.** Mieux connaître son sol et son fonctionnement, Chambre d'Agriculture du Tarn, France.
- **Djennadi-Ait Abdallah F et Raffoufi B, 2008.** Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur l'amélioration du rendement et sur la teneur en protéines du grain chez le blé dur dans la région de Sétif. Sétif. 5-12p.
- **Dyegamiye A., Giroux M., Gasser M., 2007.** La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la MO : facteur climatique et régions agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Université Laval. Québec
- **El-Brahli, A., A. Bouzza, et R. Mrabet. 1997.** Stratégie de lutte contre les mauvaises herbes dans plusieurs rotations céréalières en conditions de labour et de non labour. Rapport d'activité 96-97. INRA Centre Aridoculture Settât, Maroc.
- **El-Brahli, A. et R. Mrabet. 2000.** La jachère Chimique : Pour relancer la céréaliculture non-irriguée en milieu semi-aride Marocain. Actes de la Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales. Centre Aridoculture Settât 23 Novembre 2000. Association Marocaine de Malherbologie. 133-145 p.
- **El-Brahli, A., R. Mrabet, et A. Bahri. 2000.** Potentialités et conditions d'adaptation de la rotation triennale dans les zones semi-arides. Rapport Projet FAO-DAF, Ministre de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes 40p.
- **El-Brahli, A, A. Bahri, et R. Mrabet. 2001.** Résultats des essais d'introduction des techniques de conservation de l'eau chez les agriculteurs dans la région de la Chaouia (Maroc). Actes des 1ères journées de Rencontres Méditerranéennes sur le Semis Direct. Mrabet et al. Settât, 22-23 Octobre 2001.
- **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 429p.
- **HAMADACHE A ; ABDELLAOUI Z et AKNINE M, 2002.** Facteurs agrotechniques d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. Revue semestrielle. Institut National de la recherche Agronomique d'Algérie. 14p.
- **Loss S. P et Siddique K.H.M., 1994** morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *advances in agronomy* 229-276p.
- **Le Bissonais Y., Thorette J., Bardet C. Et Daroussin J. 2002** - L'érosion Hydrique Des Sols En France. Rapport Ifen, Inra.
- **Masle J., 1982** , comment se fait le rendement. Service de l'agriculture n° 142, extrait de presse 4p.

- **Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime et de développement rurale.** Filière Céréalière. agriculture. [En ligne] 3 juin 2022. <https://www.agriculture.gov.ma/fr/filiere/Cerealiere>.
- **Moussa-Machraoui S. B., Errouissi F., Ben-Hammouda M. et Noura S., 2010.** Comparative of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil and Tillage Research* 247–253pp.
- **Moussadek R., Mrabet R., Zante P., Lamachere J.M., Pepin Y., Le Bissonnais Y., Ye L., Verdoodt A. et Ranst E.V., 2011.** Effet de travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un Vertisol Méditerranéen. *Canadian Journal of Soil Science* 627–635pp.
- **Mrabet R., 2001.,** Le Système de semis direct : Pour une agriculture Marocaine durable et respectueuse de l'environnement. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR). Tanger. Décembre 2001.
- **Mrabet, R., 2001.** Le Semis Direct: Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD. No 76, 4p. <http://agriculture.ovh.org>
- **Mrabet, R. 2001.,** Le Système de Semis Direct: Pour Une Agriculture Marocaine Durable et Respectueuse de l'Environnement. Actes de la conférence de l'Association Marocaine des Agro-Economistes AMAECO « Les aléas climatiques et politiques agricoles » Rabat, 24-25 Mai, 2001.
- **Raphaël Charles, Edouard Cholley, Peter Frei et Fabio Mascher, 2011,** Maladies et rendement du blé d'automne : influence du système de culture Recherche Agronomique Suisse 264–271, 2011.
- **Raguin M. 2008.,** le semis des céréales., semis direct : produit autrement défis ou nécessité., journal agri Maroc.
- **Sears E.R., 1954.** The aneuploids of common wheat. *Missouri Agri. Bull.*, 572, 1-59.
- **Tali k. 2021.** Programme national de semis direct : 50.000 hectares ciblés au titre de l'actuelle campagne., 2021. Journal aujourd'hui le Maroc.
- **Tremblay G., 2020.,** Doit-on adapter sa fertilisation en semis direct ?. [En ligne] consulté le 14 juin à 17h40. <https://www.agrireseau.net/grandescultures/blogue/102539/doit-on-adapter-sa-fertilisation-en-semis-direct>



## Annexe 1

**Tableau 1 :** Norme d'interprétation de la matière organique selon (Delaunois *et al.*, 2008).

Analyse	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Matière organique (%)	< 1	1 - 1.5	1.6 - 2.5	2.6 - 3.5	> 3.5

**Tableau 2 :** Norme d'interprétation du pH (document interne d'INRA).

Echelle	0	2	3	4	5	6	
pH	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7 7,5 8 8,5
Degré	Très acide	Acide		Peu acide		Neutre	Peu alcalin Alcalin

**Tableau 3 :** Norme d'interprétation de la conductivité (document interne d'INRA).

Classe	CE en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25 °C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

**Tableau 4 :** Norme d'interprétation du phosphore selon (Delaunois *et al.*, 2008).

Analyse	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Phosphore Olsen (mg.Kg-1)	< 15	16 – 30	31 – 45	46 – 100	> 100

**Tableau 5:** Norme d'interprétation du potassium.

Classe du sol	K <sub>2</sub> O (ppm)
Très faible	<60
Faible	60-100
Bien pourvu	100-180
Elevé	180-300
Très élevé	>300

**Tableau 6:** norme d'interprétation del'azote.

Interprétation	% N
Sol très pauvre	N<0,05%
Sol pauvre	0,05>N>0,010
Sol moyen	0,10>N>0,15
Sol riche	0,15>N>0,25
Sol très riche	N>0,25

## Annexe 2

### Tableau 1 de test de signification (ANOVA) depuis logiciel SPSS

Tests des effets intersujets						
Source	Variable dépendante	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Dose	N TALLEES	836,917	3	278,972	2,715	0,115
	N epis	175,583	3	58,528	0,668	0,595
	Biomass(g)	1740,396	3	580,132	2,419	0,141
	PMG	54,429	3	18,143	2,271	0,157
	NTG	1756591,003	3	585530,334	9,759	0,005
	Hauteur	17,21	3	5,737	0,743	0,556
	Rdt (q/ha)	284,426	3	94,809	9,067	0,006

### Tableau 2 : classification des moyennes par le test SNK de nombre total de graines/mL depuis logiciel SPSS

NTG			
Student-Newman-Keuls		a	b
Dose	N	Sous-ensemble	
		1	2
N3	3	956,1333	
N0	3	1400,5	
N2	3	1463,8	
N1	3		2032,8333
Signification		0,08	1

### Tableau 3 : classification des moyennes par le test (SNK) de rendement depuis logiciel SPSS

Rdt (q/ha)			
Student-Newman-Keuls		a	b
Dose	N	Sous-ensemble	
		1	2
N3	3	12,4384	
N0	3	14,2804	
N2	3		22,7382
N1	3		23,2651
Signification		0,505	0,847