

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar TELIDJI Laghouat  
Faculté des Sciences  
Département d'Agronomie

جامعة عمار ثلجي - الأغواط -  
كلية العلوم  
قسم العلوم الفلاحية



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*En vue de l'obtention du diplôme Master d'Etat en Agronomie  
Option : Amélioration des plantes*

### *Thème*

***Analyse de l'effet combiné de la nature  
du sol, fréquence et dose d'irrigation sur  
les paramètres de croissance du blé dur  
(Triticum turgidum ssp. Durum).***

Présenté par :

Aouissi Abou Mohammed Elhassan

Jury :

Mr ROUGHY T.	MAA	Président
Mme OUISSA N.	MAA	Examineur
Mme HOUYOU Z.	MCA	Encadreur
Mr BENCHETTOUH A.	MCB	Co-Encadreur

Promotion : Juin 2020

Présenté par : Aouissi Abou Mohammed El Hassan

**Thème** : Analyse de l'effet combiné de la nature du sol, fréquence et dose d'irrigation sur les paramètres de croissance du blé.

**Résumé :**

Le déficit pour la production céréalière en Algérie est de développer des techniques de gestion culturales, d'optimiser la ressource et de l'efficacité l'utilisation de l'eau. L'objectif de cette étude est de tester l'effet de la nature physico-chimique du sol, de la fréquence et de la dose d'irrigation sur l'évolution des paramètres de croissance de la culture du blé. Pour cela une culture de blé a été menée dans deux types de sols (S1= sol Dunaire & S2= sol de Dhaya) de la région de Laghouat, avec deux fréquences ( F1=5 jours & F2 = 3 jours) et deux doses d'irrigation (D1= 60 ml & D2=35ml). Pour cela des analyses physico-chimiques du sol ont été réalisées et des paramètres de croissance de la culture ont été suivis pendant 9 semaines.

Les résultats du travail expérimental ont montré que, les deux sols ont une texture légère, des pH légèrement alcalins et que le sol de Dhaya est plus riche en nutriments.

Les paramètres de croissance de la plante cultivée (taux de germination, vitesse de croissance, longueur des tiges, nombre des feuilles, nombre des talles et aussi la longueur des racines) sont meilleures pour la dose (D1) quel que soit la fréquence d'irrigation et la nature du sol cultivé. La biomasse fraîche et la biomasse sèche sont également les plus élevées pour la dose (D1) et la fréquence (F1) dans les deux types de sol. Une dose de 60 ml avec une fréquence de 5 jours est optimale pour un bon développement du blé.

**Mots clés** : Sol, irrigation, germination, croissance, blé.

**Theme: Analysis of the combined effect of soil type, frequency and dose of irrigation on wheat growth parameters.**

**Abstract :**

The challenge for cereal production in Algeria is to develop cultural management techniques, to optimize the resource and the efficient use of water. The objective of this study is to test the effect of the physicochemical nature of the soil, the frequency and the dose of irrigation on the growth parameters of the wheat crop. For this, at Laghouat region a wheat crop was carried out in two types of soil (S1 = Dunaire soil & S2 = Dhaya soil), with two frequencies (F1 = 5 days & F2 = 3 days) and two doses of irrigation (D1 = 60 ml & D2 = 35ml). As well, Physicochemical analyzes of the soil were carried out and growth parameters of the culture were monitored for 9 weeks.

The results of the experimental work showed that, both soils have a light texture, slightly alkaline pH and the Dhaya soil is richer in nutrients.

The growth parameters of the cultivated plant (germination rate, growth rate, length of stems, number of leaves, number of tillers and also length of roots) are better for the dose (D1) regardless of the irrigation frequency and the nature of the cultivated soil. Fresh and dry biomass are also the highest for dose (D1) and frequency (F1) in both types of soil. A dose of 60 ml with a frequency of 5 days is optimal for good wheat development.

**Key words:** Soil, irrigation, germination, growth, wheat.

**العنوان: تحليل التأثير المشترك لطبيعة التربة، تواتر وجرعة الري لمعايير نمو القمح.**

**ملخص:**

إن التحدي الذي يواجه إنتاج الحبوب في الجزائر هو تطوير تقنيات الإدارة الثقافية لتحسين الموارد والاستخدام الفعال للمياه. الهدف من هذه الدراسة هو اختبار تأثير الطبيعة الفيزيائية والكيميائية للتربة، وتواتر وجرعة الري على تطور معايير نمو محصول القمح. لذلك، تم تنفيذ محصول قمح في نوعين من التربة (S1 = تربة الرملية & S2 = تربة الضاية) في منطقة الأغواط، مع ترددين (F1 = 5 أيام و F2 = 3 أيام) وجرعتين من الري (D1 = 60 مل و D2 = 35 مل). لهذا، تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتربة وتم رصد معايير نمو الفلاحي لمدة 9 أسابيع. وقد أظهرت نتائج العمل التجريبي، أن الرقم الهيدروجيني للتربتين قلويان قليلاً، وتربة الضاية أكثر ثراءً من تربة الرملية، والتربة ذات نسيج خفيف.

إن معايير نمو النبات المزروع ومعدل الإنبات ومعدل النمو وطول السيقان وعدد الأوراق وعدد الطلاج وطول الجذور أفضل للجرعة (D1) مهما كان تكرار الري و طبيعة التربة المزروعة. كما أن الكتلة الحيوية الطازجة والجافة هي الأعلى للجرعة (D1) والتردد (F1) في نوعي التربة.

**كلمات مفتاحية:** التربة، الري، الإنبات، النمو، القمح.

عويسي ابو محمد الحسن

∞ Dédicaces ∞

*Je dédie le fruit de ce modeste travail à :*

*La mémoire de mes grands-parents que DIEU l'accepte dans ces  
vastes paradis.*

*Vous qui m'avez bien éduquée ; Instruite et m'avez tracé un  
chemin plein de lumière sans obstacles C'est pour vous montrer  
ma gratitude et ma reconnaissance, pour ce que vous avez fait  
pour moi et pour ce que vous avez fait de moi : Aux prunelles de  
mes yeux : Mon chère père et Ma chère mère.*

*Mes frères : abd Rahman.*

*Mes Adorables sœurs : Meryem. fatna .*

*A toute la famille Aouissi .*

*Sans oublier mon partenaire de vie, Habiba saouib.*

*A mes chères amies : Yacine . Ibrahim .hamada .ali. et Mes  
collègues et mes ami(e) s qui nous ont connus de près ou de loin;*

*Qui seront toujours dans mon cœur.*

*Et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la  
réussite de ce modeste travail.*

*Aouissi abou mohamed elhassan*

## ❧ Remerciements ❧

*Par-dessus tout, nous remercions Dieu, qui a éclairé notre chemin et nous a donné le courage de terminer nos études.*

*Au terme de ce mémoire, j'exprime mes remerciements les plus sincères à **Mme Houyou Zohra** pour avoir proposé ce sujet et d'avoir accepté de superviser et suivre l'avancement de ce travail pas à pas. Merci beaucoup pour son aide et ses bons conseils.*

*Je remercie également chaleureusement **Mme Hamida Mallem**.*

*Je remercie sincèrement les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.*

*Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de mon projet de fin d'études.*

*Le personnel qui a assuré notre formation au Département des sciences agronomiques est également sincèrement remercié.*

*Mes remerciements vont aussi à tout le personnel des laboratoires du Département des sciences agronomiques.*

*Je ne pourrai oublier d'exprimer ma profonde sympathie à mes camarades de promotion 2020 Sciences Agronomiques et Sciences Alimentaires.*

***Aouissi Abou Mohammed El Hassan.***

## Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Structure du grain du blé	05
02	Cycle de développement du blé	07
03	RFU représente l'eau facilement mobilisable par culture, elle est égale au deux tiers de la réserve utile ( 2/3 de la RU).	11
04	Schéma du dispositif expérimental.	24
05	Triangle texturale d'estimation de la réserve utile (RU)	27
06	Taux de germination du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation	31
07	Longueur des tiges du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	32
08	Nombre de feuille du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	33
09	Nombre de talles du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	34
10	Vitesse de croissance du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	35
11	La teneur en eau du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	36
12	Biomasse fraîche de la partie aérienne du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	37
13	Biomasse sèche de la partie aérienne du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	38
14	Longueur de la partie souterraine (racines) de la culture du blé, en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.	39
15	Le poids des racines de la partie souterraine du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation	40
16	Analyse en composante principale montrant les corrélations entre les paramètres mesurés sur la culture du blé, les paramètres physico-chimiques des substrat, les doses et les fréquences d'irrigation.	41

## Liste des Photos

N°	Titre	Page
01	Représentation des zones d'où les substrats ont été prélevés ; (a) : Plan de situation ; (b) : sol de Dunes ; (c) : sol de Dhaya.	15
02	Représentation du matériel utilisé pour l'analyse granulométrique.	17
03	Représentation de la mesure du pH eau.	18
04	Mesure de la conductivité électrique (CE).	18
05	Mesure de ca co <sub>3</sub> total	19
06	Dosage du calcaire total.	19
07	Matériel utilisé pour les mesures de matières organique.	21
08	Dosage de la matière azotée	22
09	Spectrophotomètre à flamme	23
10	Représentation du dispositif expérimental	24
11	La semence (SIMETO) utilisée pour le test expérimental	25
12	Test de germination de la semence utilisée	26
13	Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plant culture	28

## Liste des abréviations

ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
ADE	Algérienne des eaux.
OAIC	Office Algérien interprofessionnel des céréales

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
01	Classification du blé dur.	3
02	Récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures.	10
03	Classes granulométriques utilisées pour notre travail.	16
04	Caractéristiques de la variété SIMETO.	25
05	Composition physico-chimique de l'eau utilisée pendant l'expérimentation (ADE 2020).	26
06	Caractéristiques physico-chimique des deux sols utilisés dans le travail expérimental.	30

# *Sommaire*

Résumé	<b>I</b>
Dédicaces	<b>IV</b>
Remerciements	<b>V</b>
Liste des tableaux	<b>VI</b>
Liste des figures	<b>VII</b>
Liste des photos	<b>VIII</b>
Liste des abréviations	<b>IX</b>
<b>Introduction</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>	
I. Généralités sur la culture du blé dur	<b>03</b>
I.1 Description générale de la plante	<b>03</b>
I.2 Classification botanique du blé dur	<b>03</b>
I.3 Origine génétique du blé dur	<b>04</b>
II.1 Caractères morphologiques	<b>04</b>
II.1.1 L'appareil végétatif	<b>04</b>
II.1.2. L'appareil reproducteur	<b>04</b>
II.1.3 Caryopse	<b>05</b>
III. Le cycle biologique du blé	<b>05</b>
III.1 Période végétative	<b>05</b>
➤ Germination-levée	<b>05</b>
➤ Tallage	<b>05</b>
➤ Montaison-gonflement	<b>06</b>
III.2 Période reproductrice.	<b>06</b>
➤ Epiaison-floraison	<b>06</b>

III.3 Période de maturité	<b>06</b>
➤ Grain laiteuse	<b>06</b>
➤ Grain pâteuse	<b>06</b>
➤ Maturité complète	<b>06</b>
IV. Les exigences de la culture du blé	<b>07</b>
IV.1. Exigences pédoclimatiques	<b>07</b>
IV.1.1. La température	<b>07</b>
IV.1.2. L'eau	<b>07</b>
IV.1.3. La lumière	<b>07</b>
IV.1.4. Le sol	<b>08</b>
IV.2. Les exigences culturales	<b>08</b>
IV.2.1. Préparation du sol	<b>08</b>
IV.2.2. Semis	<b>08</b>
IV.2.3. Fertilisation	<b>08</b>
V. Généralités sur l'irrigation d'une culture	<b>08</b>
V.1 Définitions de l'irrigation	<b>08</b>
V.2 Gestion de l'irrigation	<b>09</b>
V.3 Besoins en eau des cultures ( ETP).	<b>09</b>
V.4 Paramètres influençant les besoins en eau des cultures	<b>10</b>
V.5 Circulation de l'eau dans le sol	<b>10</b>
V.6 Le bilan hydrique	<b>10</b>
V.7 La réserve utile (RU) et la réserve facilement utilisable (RFU)	<b>11</b>
V.8 La capacité au champ d'un sol	<b>12</b>

V.9 Dose d'irrigation.	<b>12</b>
V.10 Fréquence d'irrigation	<b>13</b>
<b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b>	
I /Le substrat	<b>14</b>
I.1 /Prélèvement sur le terrain	<b>14</b>
I.2 Analyses du substrat aux laboratoires	<b>15</b>
I.2.1 Méthodes d'analyses physiques et chimiques	<b>16</b>
I.2.2 Analyse granulométrique par tamisage	<b>16</b>
I.2.3 Exécution du tamisage au laboratoire	<b>16</b>
I.2.4 Calculs des proportions des particules	<b>17</b>
I.2.5 Pourcentages des refus simples	<b>17</b>
I.2.6 Mesure du pH <sub>eau</sub>	<b>17</b>
I.2.7 Mesure de la conductivité électrique (CE	<b>18</b>
II. Analyses chimiques	<b>18</b>
II.1 Dosage du calcaire total	<b>18</b>
II.1.1 Principe de dosage	<b>19</b>
II.1.2 Préparation de la mesure	<b>19</b>
II.1.3 La mesure	<b>20</b>
II.1.4 Calcul de la teneur en CaCO <sub>3</sub>	<b>20</b>
II.2 Détermination de la teneur en matière organique et du carbone organique par calcination	<b>21</b>
II.3 Détermination de la matière azotée	<b>21</b>
II.4 Mesure du potassium	<b>22</b>
II.5 Mesure du sodium...	<b>22</b>

II.6 Mesure du calcium	22
II.7 Mesure du phosphore	23
III- Travail expérimental	23
III.1. Lieu d'expérimentation	23
III.2. Mise en pots du substrat pour la mise en culture	23
III.3-Dispositif expérimental	23
IV. Le matériel végétal	24
IV.1 La semence utilisée	24
IV.2 Test de germination de la semence utilisée	25
IV.3 Mise en culture du blé dur pour le test expérimental	26
V. Le protocole pour l'irrigation	26
V.1 L'eau d'irrigation	26
V.2 Calculs des doses d'irrigation	26
V.3 Estimation de la fréquence d'irrigation	28
V.4 Suivi de la culture, mesure des paramètres de croissance de la plante et notations..	28
V.4.1 Taux de germination	28
V.4.2 Longueur des tiges et longueur des racines	28
V.4.3 Nombre de feuilles et Nombre de talles	29
V.4.4 Vitesse de croissance de la plante cultivée.	29
V.4.5 Teneur en eau, biomasse végétale fraîche et biomasse végétale sèche de la plante cultivée	29
VI. Analyses statistiques des données	29
<b>Chapitre III : Résultats &amp; Discussion</b>	
I. Caractéristiques physico-chimiques des deux sols	30

II. Paramètres de croissance du blé en fonction de la nature chimique du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation	<b>30</b>
II.1 Taux de germination	<b>30</b>
II.2 Longueur des tiges	<b>31</b>
II.3 Nombre de feuilles	<b>32</b>
II.4 Nombre de talles	<b>33</b>
II.5 Vitesse de croissance.	<b>34</b>
II.6 Teneur en eau dans les parties aériennes de la culture du blé	<b>35</b>
II.7 Biomasse fraîche de la partie aérienne	<b>36</b>
II.8 Biomasse sèche de la partie aérienne	<b>37</b>
II.9 Longueur de la partie souterraine (racines)	<b>38</b>
II.10 Poids de la partie souterraine (racines) du blé	<b>39</b>
II.11 Analyses en composante principale (ACP)	<b>40</b>
<b>III. Discussions</b>	<b>41</b>
<b>Conclusion</b>	<b>44</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>46</b>

# Introduction

### Introduction

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (**Merouche 2015**).

Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Oudjani ,2009**).

Malgré l'effort technique apporté, la production céréalière en Algérie stagne et les rendements n'ont guère évolué. Deux contraintes majeures semblent être à l'origine de cet état, les variations interannuelles des précipitations, ainsi que la répartition des précipitations dans le temps: trop souvent, les printemps accusent un déficit pluviométrique. Durant certaines période de leur croissance, les céréales sont soumis à un stress hydrique, ce stress altère la production. Des apports d'eau durant ces période permettent à la culture d'exprimer, au mieux, sa croissance et son développement et, par delà, l'obtention d'une bonne production (**Chadouli 2015**).

Le déficit pour la production céréalière est de développer des techniques de gestion culturales, d'optimiser la ressource et de l'efficience l'utilisation de l'eau. Ce ci ne peut se concevoir que par des études sur l'adaptation des géotypes à la sécheresse et à leur tolérance au moyens aux déficits hydrique (**Bouthiba 2007**).

La contrainte hydrique est posée actuellement avec acuité et oriente les techniques d'irrigation dans le sens de l'économie. Il est donc devenu impératif de connaître les principaux moyens qui optimisent l'utilisation de l'eau en irrigation. Le pilotage de l'irrigation doit donc concilier les faibles disponibilités hydriques et les besoins en eau d'une production relativement élevée tout en assurant la compétitivité des coûts de production (**Daroui et al 2011**).

De plus, le choix d'un système adéquat et économique en eau d'irrigation revient, non seulement améliorer les rendements mais aussi minimiser les pertes en eau, qui est un facteur limitant de la production. Ceci semble obligatoire pour utiliser ce dernier avec efficience en passant par une détermination préalable des besoins en eau de la culture en question, et nécessite d'une gestion rationnelle et durable de l'eau d'irrigation (**Chenaffi et al 2005**).

Vu la situation économique du pays et l'augmentation de la demande du blé, l'Algérie a adapté une stratégie en agriculture qui a pour but d'atteindre l'autosuffisance et réduire le niveau d'importation pour se baser uniquement sur la production local.

Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester l'effet de la nature physico-chimique du sol, de la fréquence et de la dose d'irrigation sur croissance de la culture du blé. Pour cela deux type de sols de la région de Laghouat, avec deux fréquences et deux doses d'irrigation ont été retenus pour mener le travail de ce mémoire.

Les démarches suivies dans la réalisation de ce document sont les suivantes :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique. Cette synthèse rappelle des généralités sur le blé, sa culture et ses exigences.

Le deuxième chapitre est consacré aux matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.

Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième chapitre.

Et enfin nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

# Chapitre 1

## Synthèse bibliographique

## I. Généralités sur la culture du blé dur

### I.1 Description générale de la plante :

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. Durum*) est une plante annuelle de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (**Feillet, 2000**).

Il s'agit d'une graminée annuelle dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites, le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard au-dessous du plateau de tallage et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds (**Mouellef, 2010**).

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthère biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. A maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (**Nedjeh, 2015**).

### I.2 Classification botanique du blé dur

La classification détaillée du blé dur est donnée ci- dessous (tableau 1) (**Feillet, 2000**).

**Tableau N°1: Classification du blé dur d'après (Feillet, 2000).**

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

### **I.3 Origine génétique du blé dur**

Le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae = Poaceae), qui comprend plus 10000 espèces différentes. Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* qui est un exemple classique d'allo polyploïdie, dont les génomes homéologues dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (**Salmi, 2015**).

La détermination de l'origine de chacun des génomes du blé est difficile du fait de l'évolution des espèces. Les connaissances actuelles concernant l'origine des génomes du blé ont été acquises grâce à des études cytologiques mais le développement des outils moléculaires a permis d'affiner et de compléter ces connaissances (**Ben kaddour, 2014**).

Génétiquement, le blé dur est allo tétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ( $2n = 4x = 28$ ), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome(B), à laquelle elle est étroitement apparentée. Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs (**Mouellef, 2010**).

## **II.1 Caractères morphologiques :**

### **II.1.1 L'appareil végétatif**

L'appareil végétatif est constitué de deux parties, l'une aérienne et l'autre racinaire. Le système aérien est formé de la tige issue du caryopse et des talles partant du plateau de tallage. La tige ou chaume est constituée d'entre-nœuds séparés par des nœuds ou zones méristématiques à partir des quelles s'allongent les entre-nœuds et servent comme point d'attache des feuilles. Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine. L'appareil racinaire, chez le blé est formé de deux systèmes racinaires successifs, un système séminal dont les racines fonctionnent au cours du cycle de la plante. Les racines séminales sont au nombre de 6. Ce système est secondé par le système racinaire adventif qui assure la nutrition de la plante pendant la période active (**Latreche, 2011**).

### **II.1.2 L'appareil reproducteur**

#### **1.2.1 Fleurs et inflorescence**

Les fleurs sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi dont l'unité morphologique de base est l'épillet constitué de grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées appelées les glumes (inférieure et supérieure) (**Gate, 1995**).

#### **II.1.3 Caryopse**

Le fruit du blé est un caryopse (figureN°1). Dans un grain de blé (caryopse) on distingue communément l'amande et les enveloppes qui protègent la graine. Il protège la première feuille et l'apex caulinaire. Il s'allonge davantage chez les plantes cultivées à l'obscurité. Par contre les premières feuilles ont une croissance sensiblement égale à la lumière et à

l'obscurité, la différence porte essentiellement sur la couleur (synthèse de chlorophylle et photosynthèse) (Soltner, 2005).

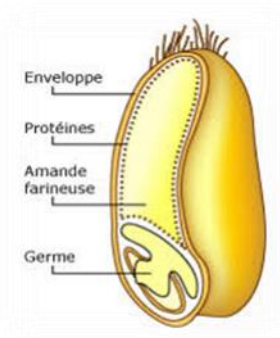


Figure N° 1 : Structure du grain du blé. Source :(Soltner.2005)

### III. Le cycle biologique du blé

Le cycle de développement d'une céréale à paille comprend trois grandes périodes (figure 2).

#### III.1 Période végétative

##### ➤ Germination-levée

La germination se caractérise par l'imbibition de la semence. La réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales, puis la mise en place du nombre de plants par mètre carré. Le sol est alors percé par le coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. La levée est notée quand 50% de plantules sont sorties de sol. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution de nombre (Ben kaddour, 2014).

##### ➤ Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle de la 2ème et la 3ème feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. (Belaid, 1986 ; Gate, 1995). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

### III.2 Période reproductrice

#### ➤ **Epiaison-floraison**

Cette phase correspond à l'épiaison (apparition des épis à l'extérieur), puis à la fécondation (ouverture des sacs polliniques), à la germination du pollen et à la fécondation de l'ovule. Cependant, la floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, cette opération entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés, à l'extérieur flotte alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches c'est l'ensemble de ces petites fleurs qui fait dire que « l'épi est fleuri » (Hennoui, 2012 cité par Mahfoud, 2015).

#### ➤ **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. Ce phénomène se manifeste chez les jeunes talles par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (Laala, 2010).

### III.3 Période de maturité :

Le cycle végétatif s'achève par la maturation qui dure en moyenne 45 jours. Les grains vont progressivement se remplir et passer par différents stades tels que :

#### ➤ **Grain laiteuse**

Ce stade est caractérisé par la migration des substances de réserve vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive (Beeba, 2011).

#### ➤ **Grain pâteuse**

Durant cette phase, les réserves migrent depuis les parties vertes jusqu'aux grains. La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue. Quand le blé est mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves (Soltner, 1988).

#### ➤ **Maturité complète**

Après le stade pâteux, le grain mûrit, se déshydrate. il prend une couleur jaune durcit et devient brillant. Ce stade est sensible aux conditions climatiques et aux conditions de récolte (Soltner, 1988 cité par Beeba, 2011).

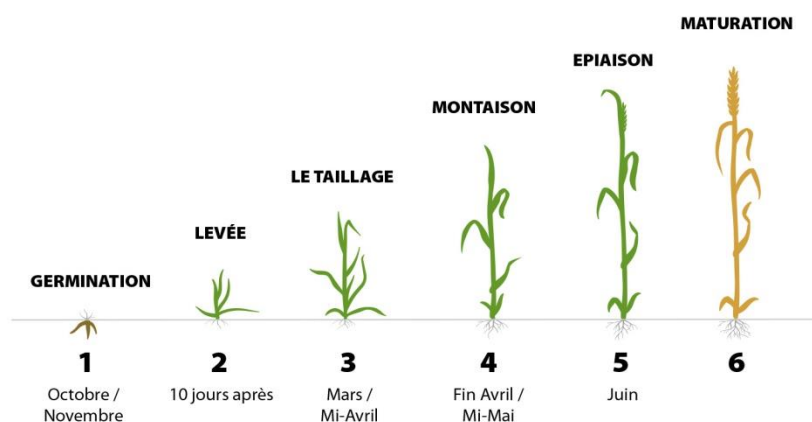


Figure N°2 : Cycle de développement du blé. Source : (Soltner, 1988 cité par Beeba, 2011).

## IV. Les exigences de la culture du blé

### IV.1. Exigences pédoclimatiques

#### IV.1.1. La température

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé ; à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. L'aptitude à la montaison est aussi déterminée par les températures et la durée du jour (Zane, 1993 cité par Beeba, 2011).

#### IV.1.2. L'eau

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180mm (entre Mars et Mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures) (Grignac, 1965 cité par Ben kaddour, 2014).

#### IV.1.3. La lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Soltner, 1990). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes (Nedjeh, 2015).

### IV.1.4. Le sol

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux-siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant. En terre peu profond, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique) (Beeba, 2011).

### IV.2. Les exigences culturales

#### IV.2.1. Préparation du sol

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 cm pour les terres patentes (limoneuse en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres. Le sol doit être légèrement motteux et suffisamment tassé en profondeur, une structure fine en surface pour permettre un semis régulier et peu profond. (Anonyme, 1993 cité par Beeba, 2011).

#### IV.2.2. Semis

La date de semis un facteur limitant vis-à-vis rendement, c'est pourquoi la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les méfaits climatiques, en Algérie il peut commencer dès la fin d'octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm. La dose de semis dans les régions saharienne varie entre 200 à 225 Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol (Beeba, 2011).

#### IV.2.3. Fertilisation

Les cultures annuelles telles que les blés craignent la carence en phosphore (P) et en Potassium (K) quand elles sont jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au plus près des jeunes racines (Nedjeh, 2015).

## V. Généralités sur l'irrigation d'une culture

### V.1. Définitions de l'irrigation

C'est un apport artificiel de l'eau aux plantes cultivées pour leur compenser le manque des apports naturels de l'eau (Tiercelin 2006).

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides (Skogerboe 1984).

## V.2 Gestion de l'irrigation

Selon **Prévost (2016)**, Le principe directeur d'une gestion durable de l'irrigation à petite échelle est l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Cela peut être réalisé à travers davantage d'efficacité dans :

- (1) La collecte et la dérivation;
- (2) le stockage;
- (3) la distribution ;
- (4) l'application de l'eau dans les champs.

Deux grandes catégories de systèmes d'irrigation peuvent être distinguées : les systèmes traditionnels d'irrigation de surface et les systèmes récents sous pression utilisant des pompes pour le transport de l'eau dans les canalisations et sa distribution aux plantes.

## V.3 Besoins en eau des cultures ( ETP)

Selon **Doorenbos et Pruitt (1977)** : « Le besoin en eau d'une culture est la hauteur d'eau, en mm nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitantes du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatique donnés ».

Une partie de l'eau qui pénètre dans le sol est évaporée directement dans l'atmosphère et par l'intermédiaire des plantes, l'ensemble de ces pertes constitue l'évapotranspiration. Elle se fait surtout à la surface du sol. L'agent d'évaporation le plus actif est le vent, plus que la chaleur. On considère qu'une surface occupée par une plante à densité maximale (optimale) évapore toujours la même quantité quel que soit la plante. On notera alors que le besoin en eau d'une culture ou d'une plante (mm) est son évapotranspiration notée (ETP).

**ETP = somme des quantités d'eau évaporées par le sol et par la plante L'ETP (mm par jour).**

**V.4 Paramètres influençant les besoins en eau des cultures**

Le besoin en eau des cultures dépend de plusieurs paramètres que l'on peut regrouper en trois catégories, chacune représentée par un paramètre global.

**Tableaux N°2 :les paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures et leur composantes**

Paramètres	Composantes	Représenté/synthétisé par
Climatiques	Température et humidité de l'air, vent, ensoleillement...	L'ETP
Pédologiques	Texture, structure (infiltrabilité), physicochimique du sol, disponibilité de l'eau de surface(RU)	Le Bilan Hydrique
Biologiques	Caractéristique propres au végétale	Le Coefficient de culture (Kc)

**Source : Doorenbos et Pruitt (1977)**

**V.5 Circulation de l'eau dans le sol**

Ceux sont les mouvements ou circulation de l'eau dans un sol qui déterminent la teneur en eau de ce dernier et donc de sa disponibilité pour les plantes.

La circulation de l'eau dans un sol varie en fonction de plusieurs facteurs:

a) Taux d'humidité rencontrée dans le sol : en sol sec, l'eau est fortement retenue par les particules de sol. L'eau se dirige des zones les plus humides vers les zones plus sèches, ce qui implique des mouvements multidirectionnels de l'eau (action de la tension superficielle sur la gravité). Cela explique des phénomènes de diffusion et de capillarité depuis les horizons profonds plus humides vers les horizons de surface plus secs. Par contre, en sol saturé d'eau, l'écoulement gravitaire prédomine.

b) La texture du sol

c) Tassement du sol et de sa porosité: l'eau est d'avantage retenue et circule lentement en sol tassé et/ou faiblement poreux. Cependant un compactage excessif entraîne une mauvaise circulation de l'eau et une humidité stagnante.

**V.6 Le bilan hydrique**

Le bilan hydrique apporte des éléments aux calculs d'une d'irrigation (I), il se base sur des données : ETP et celles de l'eau dans le sol.

Le sol est un réservoir d'eau, le volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir représente la capacité au champ (CC), ou capacité de rétention du sol qui dépend de sa granulométrie. Dans un sol à la capacité au champ la plante est asphyxiée. Parmi donc la capacité au champs uniquement une partie de l'eau est utilisable et dont une partie est vraiment utile à la plante que l'on appelle respectivement réserve utile (RU) et la réserve facilement utilisable (RFU).

En effet, les racines des plantes puisent l'eau dans la réserve utile (RU) du sol et la disperse dans l'atmosphère par évapotranspiration (ETP).

Ce permet d'écrire le bilan hydrique sous la forme d'une équation :

$$I \text{ (mm)} = RU - ETP \quad \text{Doorenbos et Pruitt (1977)}$$

Où :

I (mm) : volume d'eau apportée par irrigation par m<sup>2</sup> de surface cultivée ;

RU (mm) : réserve d'eau utile par m<sup>2</sup> de surface cultivée ;

ETP (mm) : évapotranspiration de la culture par m<sup>2</sup> de surface cultivée.

### V.7 La réserve utile (RU) et la réserve facilement utilisable (RFU)

La Réserve Utile du sol (RU) correspond à la capacité de rétention du sol c'est-à-dire au volume d'eau que le sol peut absorber, il dépend donc directement de la nature du sol . La RU est exprimée en mm (Enguerrand 2018).

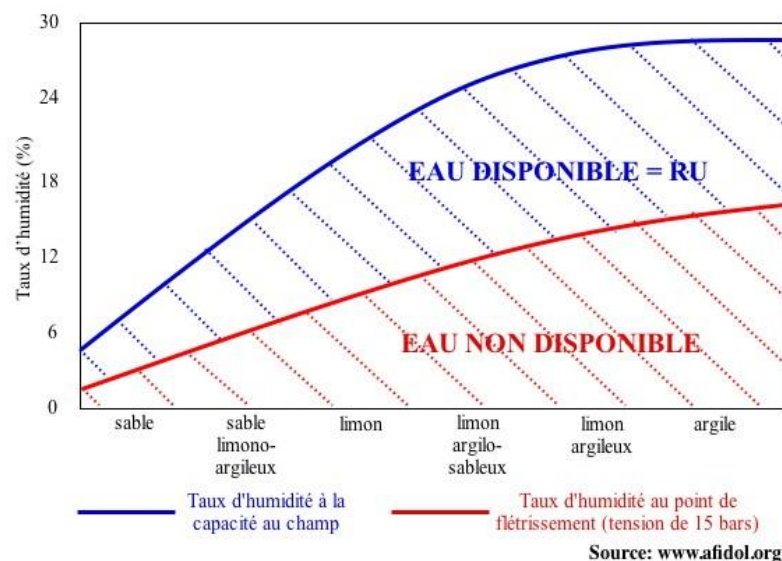


Figure N°3 .RFU représente l'eau facilement mobilisable par culture , elle est égale au deux tiers de la réserve utile ( 2/3 de la RU).

## V.8 La capacité au champ d'un sol

La capacité au champ représente la quantité maximale d'eau que peut contenir le sol grâce à ses micro porosités. On parle aussi de capacité de rétention en eau du sol.

Lorsque l'on explique les échanges d'eau dans le sol, on a l'habitude de comparer le sol à une éponge. Ainsi la capacité au champ s'obtient quand l'éponge est saturée d'eau et qu'elle ne goutte plus. Si l'éponge goutte cela signifie qu'il y a trop d'eau, l'eau est alors drainée en profondeur. Cette eau est perdue pour le développement de la culture, elle ruisselle ou percole vers le sous-sol.

Les agriculteurs connaissent bien la capacité au champ, ils l'utilisent pour l'irrigation de leurs cultures. Avec les mesures d'humidité des sondes capacitatives les irrigants déterminent facilement la capacité au champ qui leur sert de référence.

Grâce aux enregistrements d'humidité du sol en millimètres d'eau les agriculteurs ajustent tout le long de la saison la quantité d'eau à apporter dans leurs champs. La conduite de l'irrigation ne se fait pas au hasard, d'autres paramètres sont considérés.

## V.9 Dose d'irrigation

Selon **Tiercelin (2006)**, la dose d'irrigation est la quantité d'eau qu'il faut apporter à chaque irrigation pour recharger en eau le réservoir-sol, alimenter la plante et compenser l'évapotranspiration.

Cette dose dépend :

- De l'état de remplissage du sol;
- Des besoins de plante.

Suivant l'état d'avancement du développement de la plante, les besoins en eau de la plante sont variables.

En fait, on assure toujours un remplissage optimal du réservoir-sol avec toutefois certaines précautions assurant une pousse racinaire la meilleure possible.

En pratique, la dose d'irrigation doit reconstituer les réserves du sol suivant une valeur égale à la *RFU*, soit :

$$\text{Dose d'irrigation } D = \text{RFU (unité : m}^3\text{/ha ou mm).}$$

La dose d'irrigation doit être bien connue, car les eaux en excès dans le sol peuvent provoquer des pertes en nutriments dans le sol. En effet une dose excessive lessive le sol entraîne 30 à 60g d'azote par m<sup>3</sup> d'eau.

**V.10 Fréquence d'irrigation**

La fréquence d'irrigation est le nombre de fois où il faut irriguer par mois pour maintenir l'humidité du sol dans les limites acceptables compte tenu de l'ETP (**Brouwers et al, 1990**).

- 60 ml pour chaque 3 jour
- 30 ml pour chaque 5 jour

# Chapitre II

## Matériel et méthodes

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

---

### **Chapitre II : Matériel et méthodes**

#### **I /Le substrat**

##### **I.1 /Prélèvement sur le terrain**

Deux substrats (sols) ont été utilisés pour la conduite de ce travail. Un premier substrat dunaire (Sol 1 qui est noté S1) qui a été ramené d'accumulations dunaires situées entre le périmètre agricole Dhaya et l'aérodrome de Laghouat. Un deuxième substrat (Sol 2 qui est noté S2) et qui a été ramené d'une dépression (daya) située sur les parcours de la commune d'El Houita wilaya de Laghouat (Photo N°1). Les échantillons de sols ont été prélevés à l'aide d'une pelle et mis dans des sacs étiquetés, hermétiquement bien fermés et ont été ramené jusqu'aux laboratoires de l'université du département des sciences agronomiques.

Au niveau des laboratoires les deux échantillons de sol ont été soumis à des analyses physico-chimiques des échantillons de sol sont en général effectuées sur de petites quantités ; toutes les manipulations doivent être faites avec précautions. Note qu'avant toute analyse, un échantillon de sol doit être préparé de différentes manières selon les buts poursuivis.

## Chapitre II : Matériel et méthodes



(a)



(b) Sol dunaire (S1) ;

(Cliché Aouissi AH Février 2020)



(c) Sol de dhaya (S2) ;

(Cliché Aouissi AH Février 2020)

Photo N°1 . Représentation des zones d'où les substrats ont été prélevés ; (a) : Plan de situation (Repris de Google Earth) ; (b) : Sol de Dunes ; (c) : sol de Dhaya.

### I.2 Analyses du substrat aux laboratoires :

#### I.2.1 Méthodes d'analyses physiques et chimiques

#### I.2.2 Analyse granulométrique par tamisage

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments < 2mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions des particules constituant les agrégats. Nous avons procédé à une analyse granulométrique des sédiments à sec avec des tamis de 2000, 1000, 500, 250, et 20  $\mu\text{m}$ , sans prétraitements chimiques, les différentes particules ont été classées selon l'échelle d'Atterberg dans (Legros, 1993), tels que les diamètres des particules soient dans les classes suivantes :

Limons et argiles < 50  $\mu\text{m}$

Sables très fins, entre 50  $\mu\text{m}$  et 100  $\mu\text{m}$

Sables fins, entre 100  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$

Sables moyens, entre 250  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$

Sable grossier, entre 500  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$

Sable très grossier, entre 1000  $\mu\text{m}$  et 2000  $\mu\text{m}$

Selon les diamètres des ouvertures des tamis que nous avons utilisés et qui existent au niveau des laboratoires du département des sciences agronomiques nous avons opté pour les classes des particules présentées dans le tableau N°3.

**Tableau N°3 Classes granulométriques utilisées pour notre travail**

Taille de la particule (micro mètre)	Type de fraction granulométrique
$\Phi < 50 \mu\text{m}$	Argile et Limons
$50 \mu\text{m} < \Phi < 500 \mu\text{m}$	Sables fins et moyens
$500 \mu\text{m} < \Phi < 2000 \mu\text{m}$	Sables grossiers

#### I.2.3 Exécution du tamisage au laboratoire :

On fait passer le sédiment à travers la série de tamis (Photo N°2), dont les ouvertures (ou mailles) diminuent de haut en bas ; la série est mise à vibrer un certain temps sur une tamiseuse. Chaque tamis retient une quantité de sédiment appelé refus de tamis.

Le refus de tamis constitue une classe granulométrique définie par sa limite inférieure qui est la maille du tamis lui-même et sa limite supérieure qui correspond à la maille du tamis immédiatement supérieur.

### I.2.4 Calculs des proportions des particules granulométriques :

Après tamisage, chaque tamis possède son propre refus. On peut procéder de deux manières différentes qui aboutissent au même résultat. La méthode utilisée est celle des pesées des refus sur la série de tamis du tamiseur.

### I.2.5 Pourcentages des refus simples :

Chaque refus est pesé et son poids est noté. Prenons par exemple  $p_1$  le poids du refus du premier tamis,  $p_2$  le poids du refus du second tamis,  $p_3$  le poids du refus du troisième tamis. Nous notons les refus  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  et  $PT$  le poids total de la quantité de terre tamisée ; le pourcentage de chaque refus est calculé de la manière suivante :

$$\%r_1 = (p_1 \times 100)/PT ; \%r_2 = (p_2 \times 100)/PT ; \%r_3 = (p_3 \times 100)/PT .$$



Photo N°2: Représentation du matériel utilisé pour l'analyse granulométrique.  
(Cliché Aouissi AH Février 2020)

### I.2.6 Mesure du $pH_{\text{eau}}$

La mesure se fait avec un pH mètre (Photo N°3) : mesure électrique) : le pH est mesuré sur une suspension terre /liquide égale 1/5. Le liquide utilisé peut être de l'eau distillée (mesure du pH-eau).

## Chapitre II : Matériel et méthodes

---



Photo N°3 .représentation de la mesure du pH eau. (Cliché Aouissi AH Février 2020)

### I.2.7 Mesure de la conductivité électrique (CE)

Pour la mesure de la conductivité électrique Comme le montre la (Photo N°4) à l'aide d'un conductimètre nous avons utilisé une suspension de terre fine. Le rapport poids /liquide (sol/eau distillée) utilisé est (1/5).



Photo N°4 .Mesure de la conductivité électrique (CE) ;  
(Cliché Aouissi AH Février 2020).

## II. Analyses chimiques

### II.1 Dosage du calcaire total

La méthode utilisée est celle de la gazométrie, à l'aide d'un Calcimètre de Bernard (Photo N°5).

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### II.1.1 Principe de dosage

- Un calcimètre permet de mesurer le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) de l'échantillon de sol.

### II.1.2 Préparation de la mesure

On prépare une solution saturée de NaCl (environ 1/4 de litre) ; la verser jusqu'à mi-hauteur de l'ampoule.

Remarque : si on utilise de l'eau non salée, une partie du  $\text{CO}_2$  dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé.

- On tare la balance puis on pèse l'échantillon ;
  - On place l'échantillon dans l'Erlen Meyer ;
  - On colle une boulette de pâte à modeler sous le petit tube ;
  - A l'aide d'une pipette, on verse dans le tube de l'HCl assez concentré.
  - A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'Erlenmeyer.
  - On bouche l'Erlenmeyer ;
  - On modifie la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué
- Le contenu de l'erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique
- On note le niveau.



Photo N°5. Mesure du  $\text{CaCO}_3$  totale , (Cliché Aouissi AH Février 2020).

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### II.1.3 La mesure

- On incline l'Erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- On repose l'Erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence.

La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique.

Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube.

- Le CO<sub>2</sub> dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure
- On ouvre l'erlenmeyer ; puis ajoute un peu d'acide sur l'échantillon. On Vérifie que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO<sub>3</sub> a été attaqué. Comme le montre la (Photo N°6).

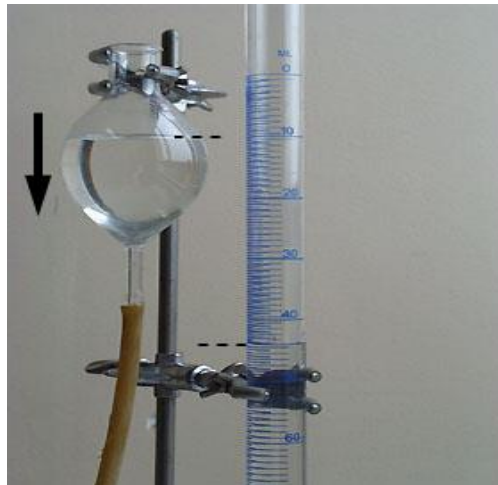
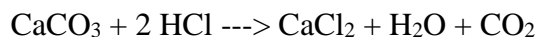


Photo N°6. Dosage du calcaire total. (Cliché Aouissi AH  
Février 2020).

### II.1.4 Calcul de la teneur en CaCO<sub>3</sub> :



-Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO<sub>3</sub> (100g/mol) libère une mole de CO<sub>2</sub> (22,4 l soit 22400 ml).

-Connaissant le volume de CO<sub>2</sub> dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO<sub>3</sub> attaqué.

-Connaissant la masse de CaCO<sub>3</sub> et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO<sub>3</sub> dans l'échantillon.

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### II.2 Détermination de la teneur en matière organique et du carbone organique par calcination :

Cette méthode de dosage permet de déterminer la matière organique totale dans les amendements organiques et les supports de culture appliquée aux sols, elle inclut également l'eau de constitution des argiles.

L'échantillon est broyé à 2 mm et calciné à 550°C. La perte de masse par combustion correspond à la combustion de la matière organique. On le calcine au four à moufle à 550°C pendant 7 heures (Photo N°7).

Déterminer le taux de M.O par l'utilisation de l'équation suivante :

$$MO\% = \left( \frac{\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinéré}}{\text{poids sol sec}} \right) * 100$$



Photo N°7 .Matériel utilisé pour les mesures de matières organique. (Cliché Aouissi AH Février 2020).

### II.3 Détermination de la matière azotée

La détermination de la matière azotée par le dosage de l'azote totale, selon méthode de Kjeldhal ; ce dosage s'effectue par le principe et le mode opératoire suivant:

- L'azote des composé organique est transformé en azote ammoniacal sous l'action de l'acide sulfurique concentré qui porté à l'ébullition, se comporte comme un oxydant.
- Les substances organiques sont décomposées : le carbone dégagé sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne l'eau et l'azote est transformé en azote ammoniacal.
- Ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium.

## Chapitre II : Matériel et méthodes

-Pour accroître l'action oxydante de l'acide sulfurique ; on élève sa T° d'ébullition en ajoutant du sulfate de cuivre et de sulfate de potassium, ces derniers jouant le rôle de catalyseurs.

-Lorsque la matière organique a été totalement oxydée, la solution contenant le sulfate d'ammonium est récupérée puis on procède au dosage de l'azote ammoniacal par distillation, après l'avoir déplacé de sa combinaison après une solution de soude concentré. Comme le montre la (Photo N°8).



Photo N°8. Dosage de la matière azotée. (Cliché Aouissi AH Février 2020).

### II.4 Mesure du potassium

La valeur du potassium est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme, une aiguille est plongée dans une suspension sol/eau avec un rapport de (1/5). Les valeurs lues sont par la suite projetée sur une courbe d'étalonnage au KCl.

### II.5 Mesure du sodium

La valeur du sodium est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme, une aiguille est plongée dans une suspension sol/eau avec un rapport de (1/5). Les valeurs lues sont par la suite projetée sur une courbe d'étalonnage au Na Cl.

### II.6 Mesure du calcium

La valeur du calcium est lue à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme, une aiguille est plongée dans une suspension sol/eau avec un rapport de (1/5). Les valeurs lues sont par la suite projetée sur une courbe d'étalonnage au CaCl<sub>2</sub>.

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### II.7 Mesure du phosphore

Le phosphore est dosé sur une suspension sol/eau avec un rapport de (1/5), à l'aide d'un spectrophotomètre à absorption atomique. Comme le montre la (Photo N° 9)



Photo N°9. spectrophotomètre à flamme. (Cliché Aouissi AH  
Février 2020).

### III- Travail expérimental :

#### III-1. Lieu d'expérimentation :

L'essai sur la culture du blé (expérimentation) a été réalisée à l'université Amar Thelidji de Laghouat, l'étude est menée d'abord sous serre du (16 Février 2020 au 16 Mars 2020) par la suite en plein air du 16 Mars 2020 au 09 Avril 2020, soit une durée totale de culture de 55 jours.

#### III-2. Mise en pots du substrat pour la mise en culture :

Après son tamisage à l'aide d'un tamis ( $\phi = 2$  mm), le substrat a été mis dans des pots en plastiques, de couleur marron, de 20 cm de hauteur et de 15 cm de diamètre et munis à leur base d'orifices pour le drainage des eaux en excès. Dans chaque pot nous avons introduit une quantité égale à (1) kg de terre du substrat.

#### III-3-Dispositif expérimental :

L'expérimentation a été conduite dans la serre expérimentale au niveau du département de l'Université de Laghouat. Le dispositif expérimental est en split-plot avec quatre bloc et

## Chapitre II : Matériel et méthodes

deux facteurs (Dose et Fréquence de l'irrigation). Les pots sont disposés selon Schéma et photo le dispositif expérimental comprend deux doses d'irrigation (D1 et D2) et deux fréquences d'irrigation (F1 et F2) avec 3 répétitions, les blocs sont disposés selon le type du substrat (S1 et S2), soit un total de 24 unités expérimentales.

Bloc 1		Bloc 2		Bloc 2		Bloc 4	
Substrat S1		Substrat S2		Substrat S1		Substrat S2	
S1F1D1	S1F2D1	S2F1D1	S2F2D1	S1F2D2	S1F2D2	S2F1D2	S2F2D2
S1F1D1	S1F2D1	S2F1D1	S2F2D1	S1F2D2	S1F2D2	S2F1D2	S2F2D2
S1F1D1	S1F2D1	S2F1D1	S2F2D1	S1F2D2	S1F2D2	S2F1D2	S2F2D2

Figure N°4. Schéma du dispositif expérimental



Photo N°10 : Représentation du dispositif expérimental.

(Cliché Aouissi AH Mars 2020).

### Iv. Le matériel végétal

#### Iv.1 La semence utilisée :

Notre étude a été menée par utilisation de la variété de blé dur (SIMETO) Photo N°11. La semence nous a été fournie par l'OAC unité de Laghouat, catégorie R1, d'origine Italienne. C'est une variété résistante à la sécheresse, le froid ainsi que les maladies fongiques.

## Chapitre II : Matériel et méthodes

**Tableaux N° 4 Caractéristiques de la variété SIMETO d'après ITGC (2015)**

Origine	Italienne
Précocité	Précoce
Année d'inscription	2001
Grain	forme
Rendement	Elevé
Teneur en protéines	15,80%



Photo N°11. La semence (SIMETO) utilisée pour le test expérimental (Cliché Aouissi AH Février 2020).

### IV .2 Test de germination de la semence utilisée

Nous avons utilisé 10 boîtes de Pétri que nous avons tapissé avec papier absorbant , puis nous avons déposé dans chaque boîte 25 graines de blé et on ajoute 10 ml d'eau de robinet.

La germination commence quand le grain absorbe de 20 à 25 % de son poids en eau, et que le sol peut lui fournir l'humidité, la chaleur et l'oxygène nécessaires. Le blé germe dès que la température dépasse le zéro de végétation (0°C) (**Soltner, 1988**), avec un optimum thermique entre 20 à 25°C en conditions normales (**Jonard, 1951**).

$$G = (N / NO) \times 100$$

Où :

**N**: le nombre de grains germés en 7 jours.

**NO** : le nombre de graines utilisées pour chaque pot Comme le montre la (Photo N°14).

## Chapitre II : Matériel et méthodes



Photo N°12. Test de germination de la semence utilisée.  
(Cliché Aouissi AH Février 2020).

### IV.3 Mise en culture du blé dur pour le test expérimental

Dans chaque pots nous avons minutieusement et à l'aide d'une pince stérilisée, planté 10 plants de (*Triticum durum*) préalablement mises en germination dans un incubateur à 25°C. Les graines de (*Triticum durum*) utilisées au cours de notre travail expérimentale, nous ont été fournies en Janvier 2019 par les services de l'OAIC unité de Laghouat, elles ont été soumises à des tests préliminaires de germination aux niveau du Laboratoire du sol de l'université de Laghouat, au bout de 7 jours de test leur taux de germination était de 100%.

### V. Le protocole pour l'irrigation

#### V.1 L'eau d'irrigation

Nous avons utilisé l'eau de robinet, les résultats de son analyse physico-chimique nous ont été fournis par (ADE Laghouat 2020).

**Tableau N°5 Composition physico-chimique de l'eau utilisée pendant l'expérimentation**

pH	T (°C)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDs	$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)
8.37	21.2	14.25	7.05	4.2	00	250

Source : (ADE Laghouat 2020).

#### V.2 Calculs des doses d'irrigation :

Pour l'estimation de la dose d'irrigation nous avons choisi d'utiliser la réserve utile d'un sol (RU) et celle de la réserve facilement utilisable (RFU), qui peuvent être évaluées à partir de sa texture (USDA 2010). La RU est déterminée en se basant sur la projection des pourcentage des particules granulométriques argiles et limons, sur le triangle de texture ci-

## Chapitre II : Matériel et méthodes

dessous (Figure N°5). La RU est exprimé en millimètres d'eau par centimètre de profondeur de terre fine (particules dont la taille est inférieure à 2 mm)

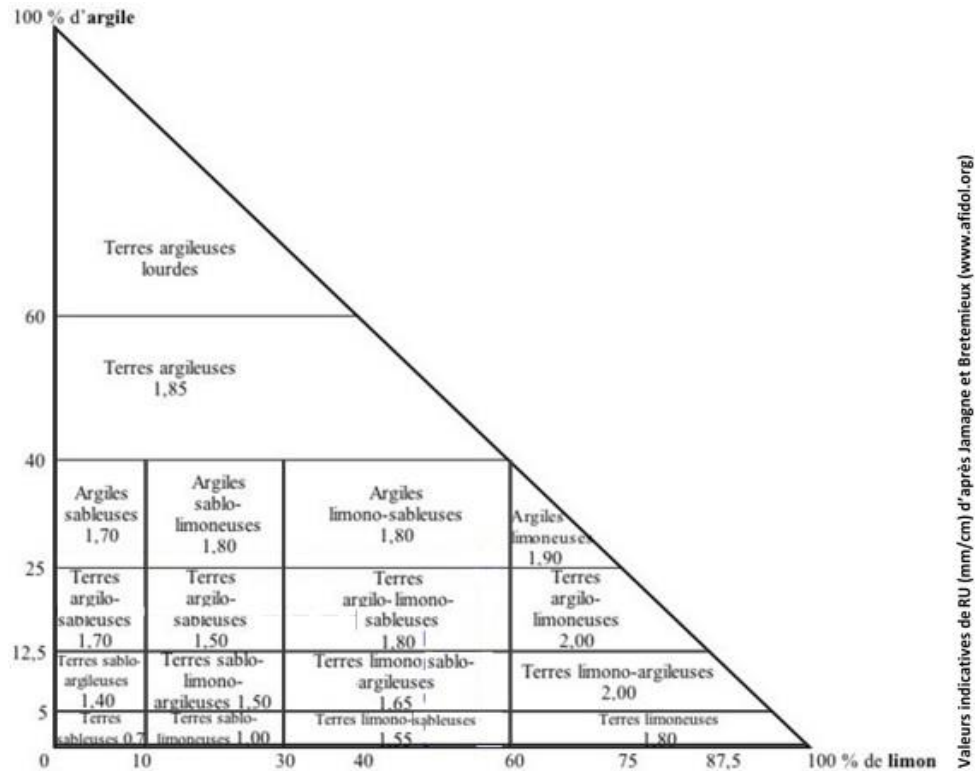


Figure N°5 Triangle texturale d'estimation de la réserve utile (RU), Source : (USDA 2010)

Sur le triangle et après projection des fractions granulométriques on détermine un coefficient de multiplication (K), qui permettra de calculer la RU :

$$RU = K * \% \text{ de terre fine}$$

Après avoir déterminé la RU pour les deux types de sol, nous avons procédé au calcul de la réserve facilement utilisable (RFU), qui représente 60% de la RU :

$$RFU = 0,6 * RU$$

Nos doses d'irrigation seront donc pour chacun des deux sols :

RU : est notée dose (D1)

RFU : est notée dose (D2).

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### V.3 Estimation de la fréquence d'irrigation

Pour les fréquences d'irrigation, nous avons fait un choix subjectif tels que les moments de l'irrigation seront étalés sur la semaine, l'irrigation sera réalisée en fonction du nombre de jours:

Tous les 5 jours fréquence 1 notée (F1) ; tous les 3 jours fréquence 2 notée ( F2).

### V.4 Suivi de la culture, mesure des paramètres de croissance de la plante et notations

Après 9 Semaines de culture l'expérience est arrêtée (en raison de contraintes majeures indépendantes de nous). A ce moment nous avons mesuré et noté les paramètres suivants :

#### V.4.1 Taux de germination

Après 7 jours de culture, le pourcentage de germination est déterminé. Nous avons considéré comme graine germée celle qui a développé une racicule (ou coléorhize) et une glumelle ou (tigelle ou coléoptile). Le taux de germination est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines (Côme, 1970).

Le taux de germination est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{TG (\%)} = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre totale de graines}) * 100$$

Où :

TG : Taux de la germination.

#### V.4.2 Longueur des tiges et longueur des racines

A bout de 9 semaines de culture, les longueurs de la tige et celle de la racine sont déterminées à l'aide d'une règle graduée (Photo N°13). Cette opération est réalisée pour évaluer la croissance des plantes vis-à-vis de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation (Hajlaoui et Denden, 2007).



Photo N°13 : Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plantule.

(Cliché, Aouissi AH Mars 2020).

## Chapitre II : Matériel et méthodes

---

### V.4.3 Nombre de feuilles et nombre de talles

Le nombre de feuilles et le nombre de talles ont été comptabilisés après 9 semaines de culture pied par pied par Dose, par fréquence et par nature du substrat de culture.

### V.4.4 Vitesse de croissance de la plante cultivée

Elle permet d'exprimer le rapport entre la longueur des tiges ou des racines / le temps finale de croissance.

### V.4.5 Teneur en eau, biomasse végétale fraîche et biomasse végétale sèche

La teneur en eau (TH<sub>2</sub>O (%)), est mesurée, pour chaque échantillon de la plante récolté immédiatement après 9 semaines de culture.

Un échantillon de la plante est pesé immédiatement à l'aide d'une balance ( $\pm 0,1g$ ) pour obtenir leur poids frais (PF) qui représente la biomasse fraîche (B F), il est mis par la suite dans une étuve réglée à 105 °C pendant 24 heures. Après dessiccation ; l'échantillon est pesé de nouveau et remis à l'étuve jusqu' à avoir un poids sec constant qui représente la biomasse sèche (B S).

La teneur en eau est donnée par la formule :

$$w(\%) = \frac{y - x}{x} \times 100$$

$y$  : Poids humide de l'échantillon.

$x$  : Poids de l'échantillon après dessiccation.

## VI. Analyses statistiques des données

Des analyses statistiques ont été effectuées sur les résultats des données du substrat et sur les paramètres mesurés sur la culture. Pour cela nous avons utilisé les logiciels MiniTab 17 et XLStat 2016.

# Chapitre III

## Résultats et discussion

## Chapitre 3 : Résultats et discussion

### I. Caractéristiques physico-chimiques des deux sols.

Les résultats obtenus montrent (Tableau N° 6), que les deux sols sont caractérisés par la présence d'un taux de sables très élevé, un pH légèrement alcalin. Les teneurs en matières organiques et en azote totales sont relativement plus faibles dans le sol dunaire. Le sodium (Na) et le potassium (K), sont plus présents dans le sol dunaire (S1) ; alors que le sol de Daya (S2) est plus riche en phosphore (P). Les analyses montrent aussi que les deux sols contiennent une même teneur en calcium (Ca). Nous observons aussi une conductivité électrique (CE) plus élevée pour le sol de Daya (S2). L'analyse de la variance au seuil de 5%, a révélé l'existence de différences significatives pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés sur les deux sols à l'exception des teneurs en phosphore et en calcium.

**Tableau N° 6 : Caractéristiques physico-chimique des deux sols utilisés dans le travail expérimental**

Paramètres	Sol de Daya (S2)	Sol dunaire (S1)	pr
pH	(7.57 <sup>a</sup> ± 0.0624)	(7.26 <sup>b</sup> ± 0.05)	0.003
CE (µS/cm)	(188.033 <sup>a</sup> ± 0.503)	127.200 <sup>b</sup> ± 0.361	0.000
Sables grossiers (%)	(2.50 <sup>a</sup> ± 0.41)	(19.01 <sup>b</sup> ± 0.56)	0.000
Sables Moyens et Fins (%)	(79.19 <sup>b</sup> ± 0.41)	(97.16 <sup>a</sup> ± 5.86)	0.000
Argiles et Limons (%)	(0.480 <sup>a</sup> ± 0.19)	(0.000 <sup>b</sup> ± 0.000)	0.012
Matière Organique (%)	(0.5630 <sup>a</sup> ± 0.00201)	(0.0065 <sup>b</sup> ± 0.000437)	0.000
Teneur en Azote N (%)	(0.11384 <sup>a</sup> ± 0.00767)	(0.0719 <sup>b</sup> ± 0.01046)	0.005
Teneur en Sodium Na (g/kg)	(0.280 <sup>b</sup> ± 0.000)	(0.315 <sup>a</sup> ± 0.0350)	0.158
Teneur en Calcium Ca (g/kg)	(0.280 <sup>a</sup> ± 0.000)	(0.28 <sup>a</sup> ± 0.000)	> 0.05
Teneur en Potassium K (g/kg)	(0.034 <sup>a</sup> ± 0.000)	(0.040 <sup>a</sup> ± 0.00970)	0.374
Teneur en Phosphore P (mmol/kg)	(5.746 <sup>a</sup> ± 0.416)	(3.943 <sup>b</sup> ± 0.240)	0.003
Teneur en calcaire Total ((CaCO <sub>3</sub> Tot (%))	(6.115 <sup>a</sup> ± 0.365)	(2.0729 <sup>b</sup> ± 0.0361)	0.000

## II. Paramètres de croissance du blé en fonction de la nature chimique du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation

### II.1 Taux de germination

Les résultats obtenus montrent (Figure N°6) que le taux de germination du blé au bout de 7 jours de culture est élevé pour les plantules cultivées sur le sol dunaire (S1), pour une dose de 60 ml (D1) et une fréquence (F2) de 3 jours d'environ (90%). Le taux de germination le plus faible d'environ (30%) pour la culture du blé, est noté pour les sols Dhaya (S2) pour la

fréquence de 5 jours (F1) et pour la dose 35 ml (D2). L'analyse de la variance a révélé qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ) pour la longueur des tiges du blé pour l'ensemble des variantes substrat (S=sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

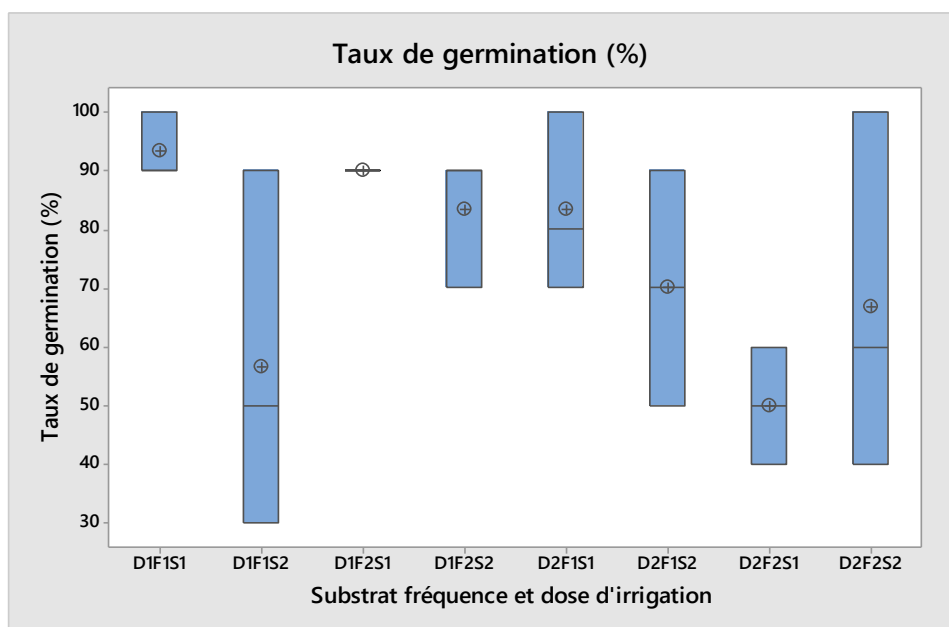


Figure N°6. Taux de germination du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation

## II.2 Longueur des tiges

Les résultats obtenus sur la croissance en longueur des tiges du blé au bout de Semaine 9 de culture est montré par la figure N°7. Nous observons une longueur de tige maximale pour les plantes cultivées sur le sol daya (S2) et sur le sol dunaire (S1), pour une dose de 60 ml (D1) et une fréquence (F2) de 3 jours. Les longueurs minimales pour les tiges de la culture du blé, sont observées pour les deux sols pour la fréquence de 5 jours (F1) et pour la dose 35 ml (D2). L'analyse de la variance a révélé qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ) pour la longueur des tiges du blé pour l'ensemble des variantes substrat (S=sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

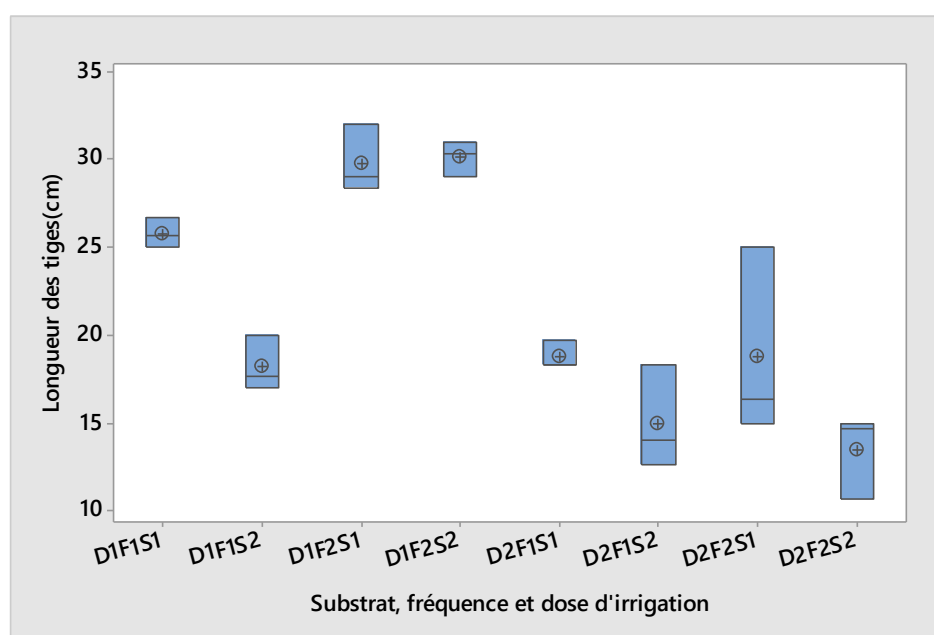


Figure N° 7. Longueur des tiges du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

### II.3 Nombre de feuilles

La figure N°8, représente le nombre de feuilles au bout de (la semaine 9) de culture de blé. Nous observons nombre de feuilles qui dépasse 6 pour le substrat sol daya (S2) pour une dose de 60 ml (D1), et une fréquence de 3 jours (F2). Un nombre de feuilles moyen minimal de 3 est pour observé pour le substrat de sol dunaire(S2) la fréquence de 3 jour (F2) et dose de 35 ml (D2). L'analyse de la variance à révélée qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ), pour le nombre des feuilles du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé aussi 4 groupes statistiques.

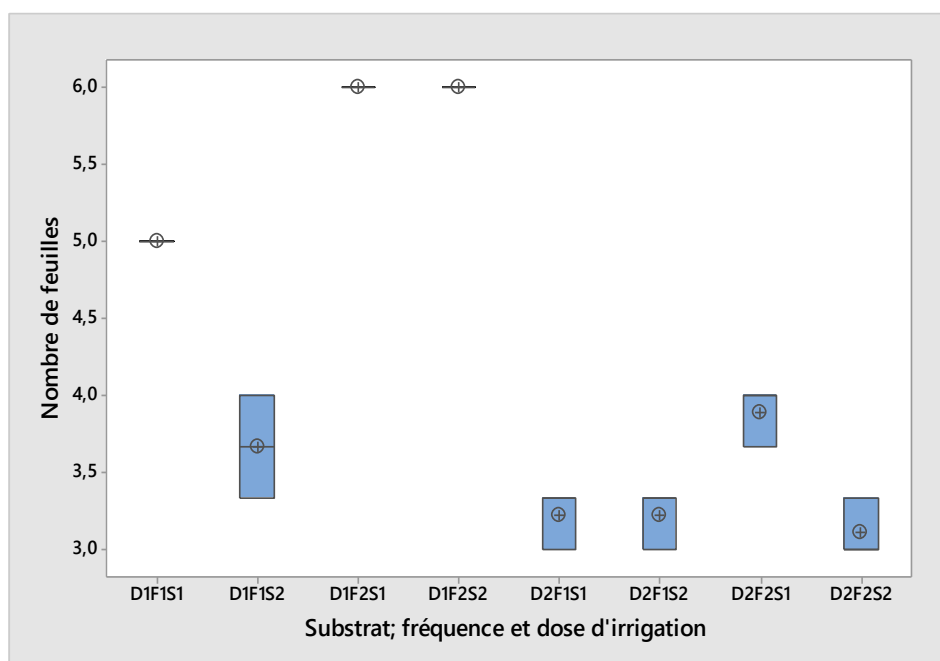


Figure N°8. Nombre de feuille du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

#### II.4 Nombre de talles

La figure N°9, représente le nombre de talles de la culture du blé à la fin du travail expérimental. Nous observons un nombre de talles le plus élevé affranchant 5 pour le substrat sol dunaire (S1) pour une dose de 60 ml (D1), et une fréquence de 3 jours (F2). Un nombre moyen inférieur à une seule talle est observé au bout de 9 semaines de culture pour le substrat de sol de daya (S2), la fréquence de 3 jour (F2) et dose de 35ml (D2). L'analyse de la variance a montrer aussi qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ), pour le nombre des talles du blé cultivé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

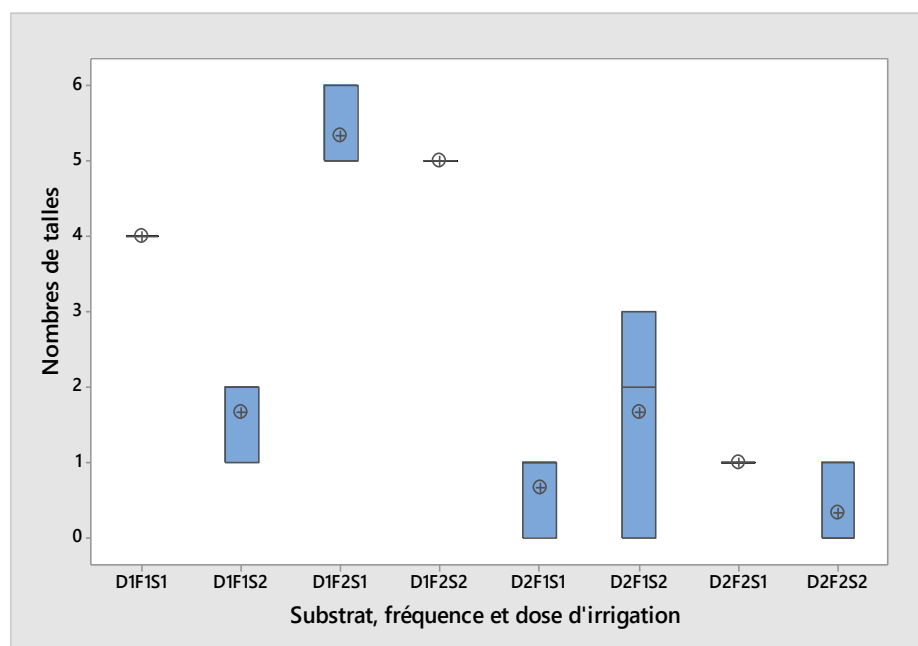


Figure N°9. Nombre de talles du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.5 Vitesse de croissance

La figure N°10, représente la vitesse de croissance au bout de (semaine 9) de culture de du blé. Nous observons une vitesse de croissance moyenne maximale au alentour de 0,5 (cm/j), pour le substrat du sol de daya (S2), pour une dose de 60 ml (D1) et une fréquence de 3 jours (F2). La vitesse de croissance moyenne minimale d'environ 0,2 (cm/j), est observée pour le substrat de Daya (S2), la fréquence de 3 jours (F2) et dose de 35 ml (D2). L'analyse de la variance au seuil de 5 % à révélée qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ), la formation de 4 groupes statistiques pour la vitesse de croissance du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D).

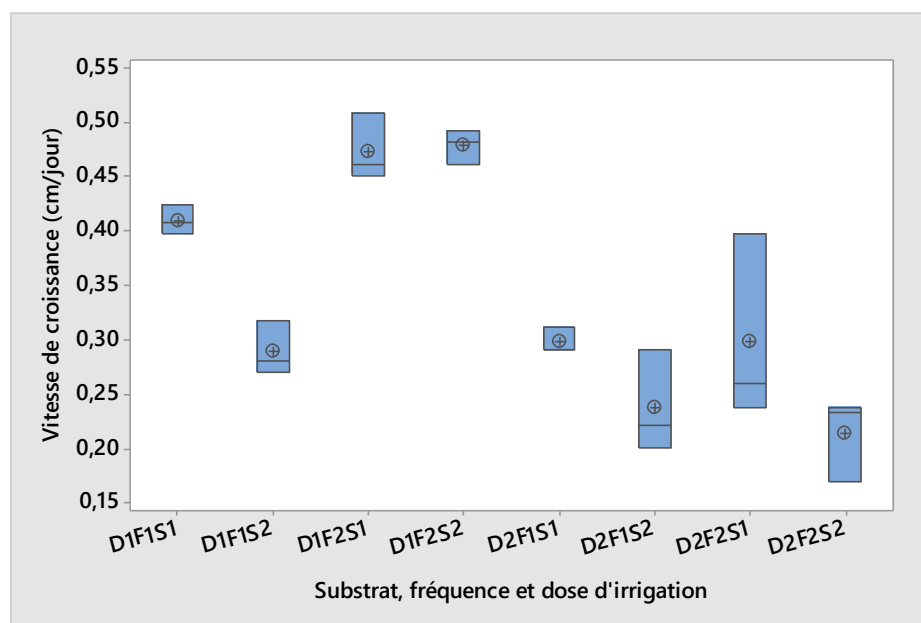


Figure N°10. Vitesse de croissance du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.6 Teneur en eau dans les parties aériennes de la culture du blé

La figure N°11, représente la teneur en eau dans la partie aérienne du blé en fin de mise en culture (la semaine 9). Nous observons la teneur en eau les plus élevées qui dépasse 90% pour les deux sols mis à l'expérimentation ( S1 et S2) pour une la même dose de 60 ml (D1) et la même fréquence de 3 jours (F2). Une moyenne minimale d'environ 78% pour la teneur en eau est observée pour le substrat de sol dunaire (S1) la fréquence de 3 jours (F2) et dose de 60 ml (D1). L'analyse de la variance a révélé l'existence de différence hautement significative ( $p > 0.001$ ), pour la teneur en eau du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

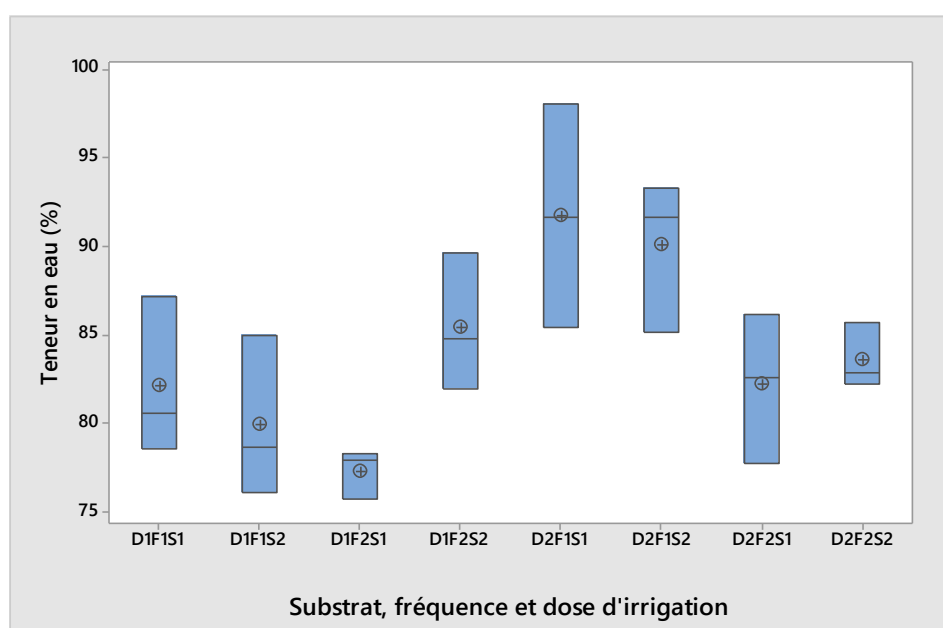


Figure N°11. La teneur en eau du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.7 Poids de la biomasse fraîche de la partie aérienne

La figure N°12, représente biomasse fraîche de la partie aérienne au bout de (9 semaines) de culture du blé. Cette figure montre, que la biomasse fraîche moyenne maximale a dépassée les 2 (g) et est notée pour le substrat sol daya (S2) pour une dose de 60 ml (D1) et une fréquence de 3 jours (F2). La biomasse fraîche moyenne minimale de 0,5 (g) est observée pour le substrat de sol dunaire (S1) la fréquence de 5 jour (F1) et dose de 35 ml (D2). L'analyse de la variance à révéler qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ), pour la biomasse fraîche de la partie aérienne du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

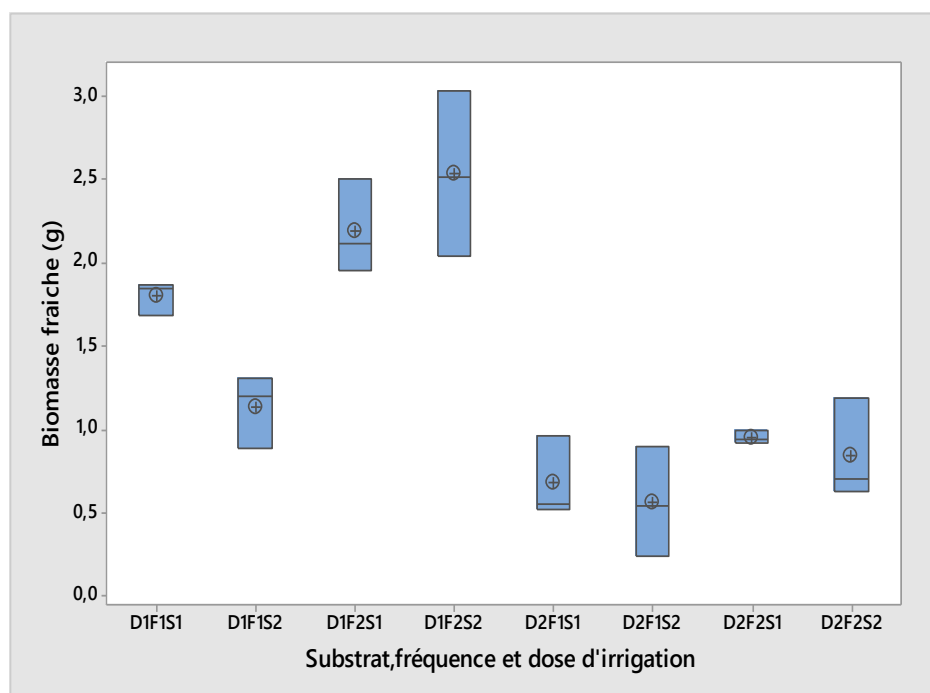


Figure N°12. Biomasse fraîche de la partie aérienne du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.8 Poids de la biomasse sèche de la partie aérienne

La figure N°13 représente la Biomasse sèche de la partie aérienne au Bour de la (semaine 9) de cultures du blé. Nous observons une biomasse sèche moyenne maximale  $> 1$  (g) pour le substrat sol daya (S2) pour une dose de 60 ml (D1), et une fréquence de 3 jours (F2). Les moyennes minimales pour la biomasse sèche sont environ de 0,5 (g), observées de pour les deux substrats (S1 et S2) pour une fréquence de 5 jours (F1), et une dose de 35 ml (D2). L'analyse de la variance à révéler qu'il existe une différence hautement significative ( $p < 0.001$ ), pour la Biomasse sèche de la partie aérienne du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

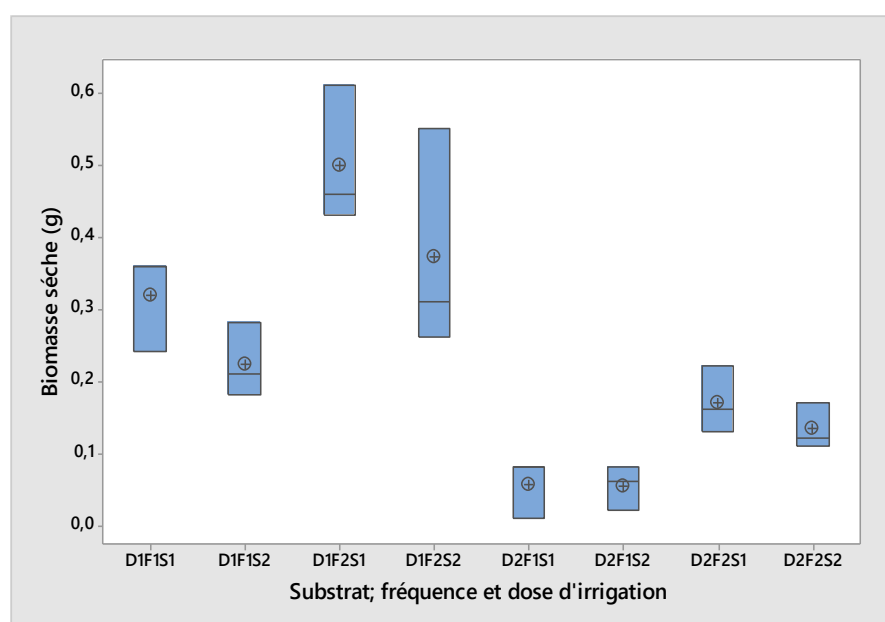


Figure N°13. Biomasse sèche de la partie aérienne du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.9 Longueur de la partie souterraine (racines)

La figure N°14, représente la longueur des racines de la partie souterraine au bout de la (semaine 9) de culture du blé. Nous observons une longueur moyenne maximale > 30 (cm) de la partie souterraine pour le substrat sol dunaire (S1) pour une dose de 35 ml (D2) et une fréquence de 5 jours (F1). La moyenne minimale pour la longueur de la partie souterraine (racine) du blé de 26,5 (cm), est remarquée pour le substrat de daya (S2) la fréquence de 5 jours (F1) et dose de 60 ml (D1). L'analyse de la variance a révélé qu'il existe une différence significative ( $p = 0.019$ ), pour la longueur de la partie aérienne (racine) du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

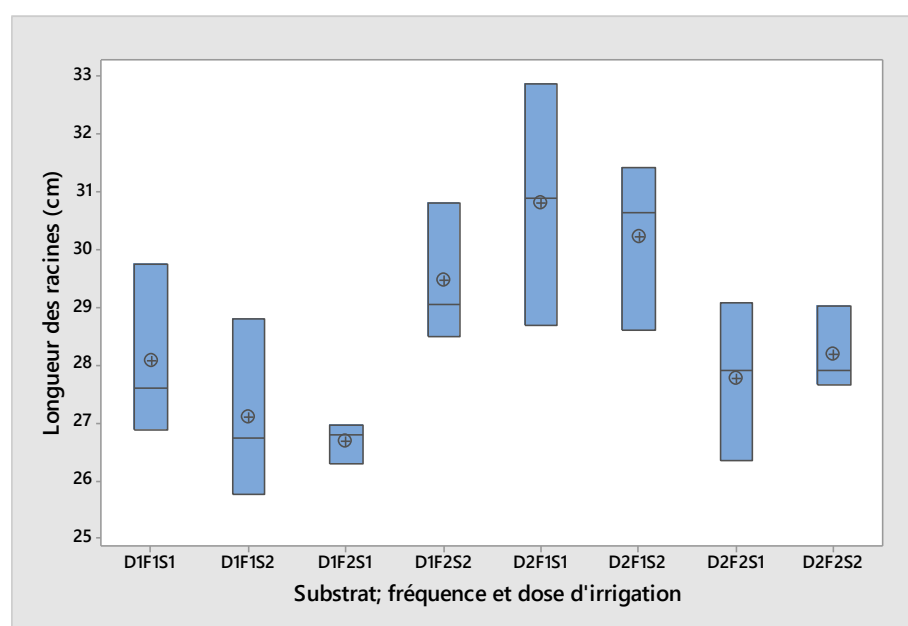


Figure N°14. Longueur de la partie souterraine (racines) de la culture du blé, en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation.

## II.10 Poids de la partie souterraine (racines) du blé

La figure N°15, représente le poids de la partie souterraine (racines) à la (semaine 9) de cultures du blé. Cette figure montre, un poids moyen maximal  $> 41$  (g) de la partie souterraine maximale pour le substrat sol dunaire (S1) pour une dose de 35 ml (D2), et une fréquence de 5 jours (F1). Le moyen minimum en poids des racines du blé 36 (g), est noté (Figure N°24), pour le substrat de sol dunaire (S1), la fréquence de 3 jours (F2) et dose de 60 ml (D1). L'analyse de la variance a révélé qu'il existe une différence significative ( $p = 0.017$ ), pour le poids de la partie souterraine (racine) du blé pour l'ensemble des variantes substrat (sol), fréquence (F) et dose d'irrigation (D) qui ont formé 4 groupes statistiques.

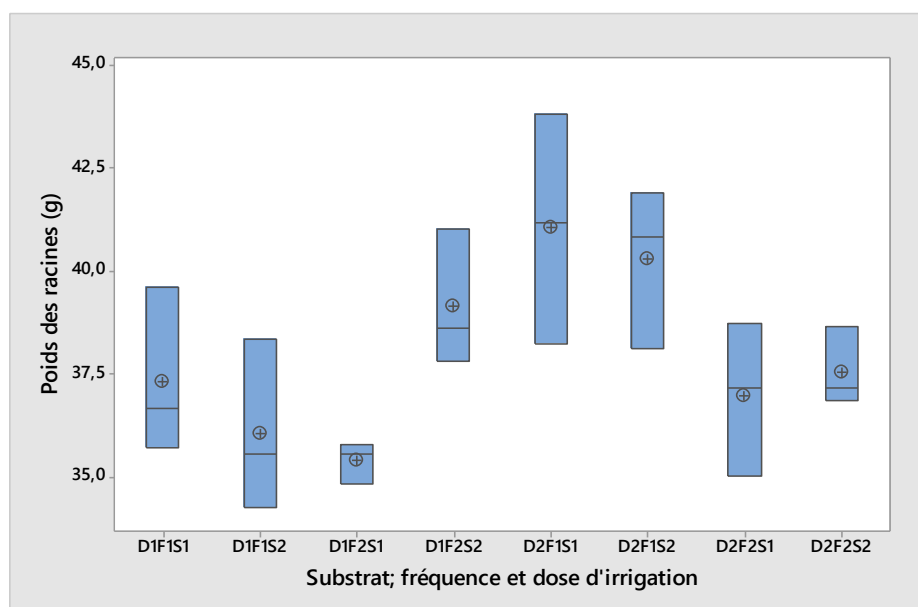


Figure N°15. Poids des racines de la partie souterraine du blé cultivé en fonction de la nature du sol, de la dose et de la fréquence d'irrigation

## II.11 Analyses en composante principale (ACP)

L'analyse en composante principale (ACP), permet de visualiser (Figure N°16), les corrélations entre les substrats, les dose, les fréquence d'irrigation et les paramètres mesurés sur la culture du blé. A travers cette figure, nous observons que le poids des racines, leurs longueurs et la teneur en eau, sont le plus liés à la dose (D2) quelque soit la fréquence d'irrigation, l'ensemble de ces paramètres sont négativement corrélés à la teneur en Argiles et limons du sol, au pH ainsi qu'à la teneur du sol en potassium (K) et en sodium (Na). Cette figure montre aussi que le taux de germination, le nombre de feuilles, le nombre de talles, la longueur des tige, la vitesse de croissance ainsi que la biomasses fraîche et la biomasse sèche sont positivement corrélés à la dose (D1) pour les deux fréquences (F1 et F2) d'irrigation.

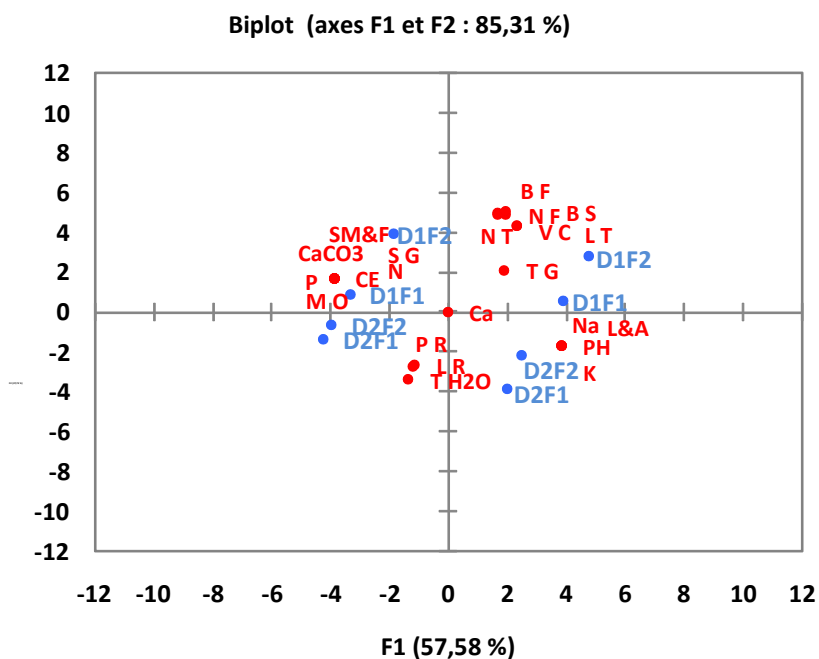


Figure N°16. Analyse en composante principale montrant les corrélations entre les paramètres mesurés sur la culture du blé, les paramètres physico-chimiques des substrats, les doses et les fréquences d'irrigation.

### III. Discussions

Les conditions édaphiques affectent la croissance et le comportement physiologique des plantes (Araujo et al, 2015; Ashraf et Harris, 2013). Les deux sols ont une texture légère, avec une teneur en sable supérieure à 95%, en conséquence, ils seraient très perméables, leur capacité de rétention d'eau pourrait être très faible. L'alcalinité est une caractéristique des sols des régions arides algériennes (Bock, 1984), et les pH observés dans cette étude sont similaires à ceux rapportés par Houyou et al (2014) ; Amghar et al (2016) et Djili et Hamdi-Aissa (2017), pour des sols dans le sud de la wilaya de Laghouat et d'autres sols du sud de l'Algérie à proximité des sites d'où nous avons ramené le substrat pour mener cette étude. Cela peut s'expliquer par la nature calcaire de leurs roches mères (Bock, 1984), qui leur donne cette caractéristique. Le pH du sol des parcours arides dépasse 9, ce qui peut être à l'origine de la dégradation de la structure du sol (Aubert, 1978); par conséquent, la circulation des eaux de pluie et des solutions du sol serait fortement affectée.

La conductivité électrique des deux sols (Tableau 6) est bien inférieure à 0,6 (dS / m); par conséquent, ils ne peuvent pas être décrits comme salins (Aubert, 1978). Les valeurs de

cette conductivité électrique du sol observées pour les substrats choisis dans cette étude sont en accord avec celles rapportées par (Amghar et al, 2016; Djili et Hamdi-Aissa, 2017) pour les sols de la région de Laghouat. La teneur en matière organique des deux sols est très faible (< 1,4%), dans le nord de la de la wilaya de Laghouat et à Wadi Zegrir au sud, des teneurs similaires ont été rapportées par Amghar et al (2016) et Djili et Hamdi-Aissa (2017). Ces quantités de matière organique ne permettent pas une bonne agrégation des sédiments du sol, générant des sols squelettiques de faible fertilité, et contiennent en outre très peu d'argile (Tableau 6), ce qui empêche une bonne rétention de l'eau (Aubert, 1978).

Le calcaire est une caractéristique commune des sols des régions algériennes arides. Sa présence a été signalée par Bock (1984), qui a observé une composante héritée de la roche mère qui a entraîné la formation du sol. La teneur active en  $\text{CaCO}_3$  observée dans ce travail est en accord avec celles rapportées par Djili et Hamdi Aissa (2017), le calcaire actif provoque dans les sols une diminution de la disponibilité de certains éléments tels que le manganèse et le fer, ainsi que des difficultés de nutrition azotée des plantes (Le Tacon 1978), cela suggère que le blé cultivé est affecté par les influences du calcaire dans les deux sols de cette étude. La présence de calcaire dans les deux sols explique également leur alcalinité ( $\text{pH} > 7,2$ ). Le CE, affecte la fertilité du sol et la croissance des plantes, c'est la force du réservoir de sol de stocker de manière réversible certains nutriments. Selon (Aubert 1978), les deux sols de cette étude ont un CE faible. Les cations nutritifs sont sensibles au lessivage dans les sols à faible CE et, par conséquent, les plantes sont plus susceptibles de développer des carences nutritionnelles (Ashraf et Harris, 2013), ce qui affecte dans le cas de cette étude le comportement physiologique et la taille du blé.

Le pourcentage de taux de germination de blé dans un sols dunaire est très élevé, en raison de la perméabilité du sol dunaire (S1) et des doses d'irrigation utilisées de 60 ml en 5 jours, tandis que la croissance de taux de germination du blé dans un sol de (Dhaya) (S2) est faible relativement, cela était dû à la boue et aux doses d'irrigation utilisées de 35 ml en 5 jours.

Le tallage élevé obtenu pour la fréquence 2 et la dose 1 (D1F2), chez le blé cultivé peut s'expliquer par le fait que durant la période séparant le semis jusqu'à 9 semaines a reçu des quantités importantes d'eau (319,5 mm), ces résultats concordent avec ceux de (Chaouch 1990; Boutfirass 1990). Pour la figure N°6, nous justifions l'évolution de la longueur de la plante dans les sols dunaire (S1) et sol Dhaya (S2), en raison des quantités ou des doses utilisées pour arroser 60 ml en 3 jours ,et du fait que les deux sols contiennent une teneur en calcium et en sodium qui aident la plante à se développer.

- Dans la figure N°10, nous expliquons la teneur en eau élevée présente dans la plante pour les deux sols (S1) et (S2) à des doses utilisées de 60 millilitres reçus tout les 3 jours. Alors que la teneur en eau faible à l'intérieur de la plante dans les sols (dunaire) (S1) et sols de (Dhaya) (S2) pour les doses d'arrosage utilisées 35 ml en 5 jours peut s'expliquer par la faiblesse des quantités d'eau reçues par la plantes, ces résultats sont en accord avec ceux signalés par (**Handouff 1988**).

-Dans la figure N°11, nous expliquons l'augmentation de la valeur de la biomasse fraîche dans les sols de( Dhaya ) (S2) environ 2 g, car elle contient un rapport de phosphore, d'azote et de doses utilisées pour arroser 60 ml en 3 jours. Alors que la valeur de la biomasse fraîche est faible dans un sols dunaire (S1), nous l'interprétons avec une dose de 35 ml en 5 jours.

-Dans la figure N°12, nous expliquons l'augmentation de la valeur de la biomasse sèche dans les sols argileux, environ 1 gramme, car ils contiennent de l'azote et du phosphore. Doses utilisées pour irriguer 60 ml en 3 jours. Alors que la valeur de la biomasse sèche est faible dans un sol sablonneux, nous l'interprétons avec une dose de 35 ml en 5 jours. Des résultats similaires ont signalés par (**Lahlou, 2005**).

-Dans la figure N°13, nous expliquons la hauteur de la longueur des racines de la partie souterraine dans un sol (dunaire) (S1) d'environ 30 cm qui est la plus élevée, pour les doses d'irrigation utilisées 35 ml en 5 jours par le manque d'eau dans le sols dunaire (S1), ce qui a conduit les racines à chercher de l'eau. Nous expliquons aussi la courte longueur des racines dans le sols de (Dhaya) (S2) qui est d'environ 26 (cm), l'irrigation a utilisé 60 millilitres en 3 jours, ce qui a entraîné la saturation du sol et le manque d'efforts pour chercher de l'eau.

-Dans la figure N°14, nous expliquons le poids élevé des racines de la partie souterraine d'environ 41 g en doses d'irrigation utilisées 35 en 5 jours comme la quantité dont la plante a besoin pour la saturation, tandis que nous expliquons le faible poids racine de la partie souterraine d'environ 36 g dans les doses d'irrigation utilisées 60 ml en 3 jours. Une situation similaire a été rapporté par (**Bahlouli et al, 2005**).

**Conclusion**

### Conclusion

L'objectif de notre travail est de se concentrer sur la façon dont le sol combiné à la fréquence et à la dose d'irrigation utilisé pour l'arrosage affecte le développement du blé. Nous avons planté du blé de type blé dur sur deux sols différents, un sol dunaire et un sol de Dhaya de la région de Laghouat. D'une part, les résultats indiquent une différence significative pour les paramètres de croissance du blé cultivé (taux des germination, vitesse de croissance longueur des tige, nombre des feuille, nombre des talles ) et d'autre part pour les paramètres de son développement (biomasse sèche et fraîche). Cette différence est fortement liée aux paramètres physico-chimiques des sols utilisés et à la conduite de l'irrigation choisie.

L'étude des sols Dunaire (S1) et de sols Dhaya (S2) de la région de Laghouat a contribué à connaître leurs caractéristiques, nous pouvons en tirer les conclusions suivantes:

- Les deux sol présentent une texture légère ;
- Les deux sols sont alcalins ; la conductivité électrique est plus élevée pour le sol de Dhaya parce que sa teneur en ions ( P, Ca, matières Azotées et organiques) est plus élevée que dans le Dunaire ;
- Les matières organiques et azotés sont faibles dans le sol Dunaire (S1) par rapport au sol de Dhaya en raison de la différence de texture.

La différence dans la composition des sols a provoquée des effets sur la circulation de l'eau et en conséquence les paramètres de croissance du blé en étaient influencés :

- -La fréquence d'irrigation n'a pas provoquée d'effet remarquable ;
- -Le blé germe mieux dans le substrat le plus sableux ;
- -La longueur des tige et celle des racine sont améliorées par la dose (D2) , qui a influencé leurs vitesses de croissance respectives ;
- -Le tallage est meilleur avec la dose (D1) et davantage dans le sol Dunaire (S1) ;
- -Les biomasses (fraîche et sèche) ont aussi donné de meilleurs résultats dans le sol Dunaire (S1).

Ces résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes de recherches en physiologie combinée au sol et à l'eau.

Il serait en effet intéressant de :

- ✓ Réaliser d'autres études avec la combinaison d'autres doses et fréquences d'irrigation avec d'autres substrats et pour d'autres variétés de céréales;
- ✓ Reprendre ces expérimentations pour voir l'effet des paramètres combinés (sol, dose et fréquence) sur le rendement en grain du blé ;
- ✓ Compléter ces résultats par des dosages de protéines, sucres et d'autres métabolites pour mieux appréhender les effets des quantités d'eau reçues par la plante et la nature du sol dans lequel elle se développe.

**Références**

**bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Amghar F, Langlois E, Forey E, Margerie P. (2016)**- La mise en défens et la plantation fourragère :deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, 3, 386-396.
- Araujo SS, Beebe S, Crespi M, Delbreil B, González EM, Gruber V, Lejeune- Henaut I, Wolfgang L, Monteros MJ, Prats E, Rao I, Vadez V, Vaz Patta, MC. (2015)**- Abiotic Stress Responses in Legumes: Strategies Used to Cope with Environmental Challenges, *Critical Reviews in Plant Sciences* 3, 237-280.
- Ashraf M, Harris PJC. (2013)**- Photosynthesis under stressful environments: An overview, *Photosynthetica* 2, 163-190 DOI: 101007/s11099-013-0021-6.
- Aubert G, (1978)**- Méthodes d'analyses des sols 2ème Edition, Centre régional de Documentation Pédagogique, CRDP Marseille, 191 p.
- Bahlouli F, H. Bouzerzour, A. Benmahammed, (2005)**- Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* (2005) 4:360-36.
- Beeba S, (2011)**- Essai de comportement de deux variété de blé dur (*Triticum durum* L.var.Cariosa )et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie Saharienne, Option pyrotechnie, Département des Sciences Agronomiques Université de Ouargla Algérie, 48p
- Ben kaddour M, (2014)**- Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse de doctorat 3eme cycle, option Ecophysiologie végétale, département de biologie, Université de Annaba Algérie, 74p
- Bock L.(1984)**- L'intégration chrono spatiale des accumulations calcaires Approche morpho pédologique et géochimique dans un paysage semi aride de l'Atlas Tellien Algérie Phd Thesis 447 p, Univ-Gembloux Belgium.
- Boutfirass M, (1990)**- Irrigation d'appoint et efficience d'utilisation de l'eau en zone semi-aride. Cas du blé tendre. Thèse 3eme cycle, (1990) I AV Hassan II. Rabat.
- Bouthiba A , (2007)**- Optimisation de l'irrigation du blé dans la région du Cheliff, Thèse de Doctorat d'Etat, INA ; ELHarrach Alger ; 112 Pages.
- Brouwers, C., K. Prins, M. Kay et M. Heibloem (1990)**- Gestion des eaux en irrigation , manuel N°5 : Méthodes d'irrigations . FAO, 74 Pages.

- Chaouch A, (1990)-** Critères d'évaluation du déficit hydrique et conduite de l'irrigation du blé tendre au Tadla. Thèse de 3ème cycle, agronomie, I AV Hassan II, Rabat.
- Chaouli A, (2015).** Irrigation des céréales : situation et perspectives. New Medit N°3/91.
- Chenaffi H, Bouzerzour H, Amirouche A, Chenafi A. (2005).** L'optimisation des apports d'eau d'appoint sur des variétés contrastées de blé dur (*Triticum durum* Def.) en milieu semi-aride. In proceedings du II ieme Congrès Méditerranéen « WATMED », Marrakech, 54-59.
- Come D, (1970)-** Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale N°6) Edit. MASSON et CIE (Paris), pp : 24.
- Djili B, Hamdi-Aïssa B, (2017)-** Characteristics and mineralogy of desert alluvial soils: Wadi Zegrir, Northern Sahara of Algeria, Arid Land Research and Management, DOI: 101080/1532498220171384413.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., (1977)-.** Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, (rev.) FAO, Rome, Italy. 144 p.
- Draoui EA, Boukroute A, Kajeiou M, Kouddane N, Berrichi A. (2011)-** Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement d'une culture de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Variété Rajae) au Maroc Oriental ; Revue « Nature & Technologie ». n° 05/Juin 2011 ; Pages 80 à 86.
- Enguerrand B. (2018)-** Modélisation des hétérogénéités de la réserve utile et du développement des cultures au sein d'un sous-bassin versant en Midi-Pyrénées. Sciences de l'environnement. Université Toulouse III Paul Sabatier.
- Feillet P. (2000)-** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.
- Gate P. H. (1995)-** Ecophysiologie du blé, Technique et documentation : Lavoisier, Paris, 429 p
- Grignac P. (1965)-** Contribution d l'étude de *Triticum durum* (Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse : 152 p.
- Hajlaoui H., M. Denden, M. Bouslama, (2007)-** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination.
- Handoufe, A (1988)-** Réponses à l'eau et à l'azote d'un blé tendre (*Triticum aestivum* L) sous un climat semi-aride. Thèse de docteur ingénieur, Université Paul Sabatier. Toulouse, France.
- Henintsoa M. (2013)-** Disponibilité et dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore sous association culturale Riz-Haricot soumise à différents types de fertilisation phosphatée

- apportée à dose croissante. Cas de l'expérimentation agronomique de La zaina sur sol ferrallitique de « tanety ». Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'études approfondies. Département des eaux et forêts, Université D'Antananarivo école supérieure des sciences Agronomiques, 71p.
- Houyou Z, Biolders CL, Benhorma HA, Dellal A, Boutmedjet A. (2014)-** Evidence of strong land degradation by wind erosion as a result of rainfed cropping in the Algerian steppe: a case study at Laghouat. *Land Degradation & Development* 27, 1788-1796.
- Jounard P, (1951).** Les Blé Tendre (*Triticum Vulgaire V: II*) Cultivé En France.23 Emet1. Le Sol Et Son Amélioration. 472p
- Laala Z. (2010).** Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Mémoire de mastère en Agronomie. Option amélioration de la production végétale, Département d'Agronomie, Université de Sétif Algérie, 71p.
- Lahlou, O. (2005)-** Gestion de la ressource en eau et effet du régime hydrique sur l'agrophysiologie du blé et de la pomme de terre. Thèse de doctorat es-science agronomie. (2005) IAV. Hassan II. Rabat.
- Latreche F. (2011).** Le rendement et l'efficience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride. Mémoire de mastère en Agronomie. Option amélioration de la production végétale, Département des Sciences Agronomiques, Université de Sétif Algérie, 70p.
- Le Tacon F. (1978)-** La présence de calcaire dans le sol Influence sur le comportement de l'Épicéa commun *Picea excelsa* Link et du Pin noir d'Autriche *Pinus Nigra nigricans* Host *Annales des sciences forestières* 35, 165-174, <https://doi.org/10.1051/forest/19780205>.
- Merouche A, (2015)-** Besoins en eau et maîtrise de l'irrigation d'appoint du blé dur dans la vallée du Chélif ; Mémoire d de Doctorat en Sciences Agronomiques ; ENSA ; 2015. 111 Pages
- Mouellef A., (2010)-**Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique, Mémoire de Magistère, Option :Biotéchnologie végétale ,Deprt.Biologie.Univ.MENTOURI,Constantine. pp8-9.
- Nedjeh I. (2015)-** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur*Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de doctorat en

- Biologie, option Ecophysiologie végétale, département de Biologie, Université de Annaba Algérie, 98p.
- Neumann, G., George, T.S., Plassard, C., (2009)-**. Strategies and methods for studying the rhizosphere the plant science toolbox. *Plant Soil* 321, 431–456.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-009-9953-9>
- Oudjani W., (2009)**. Diversité de 25 géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation, Mémoire de Magistère, Option : Biodiversité et production végétale, Dept. Biologie et Ecologie. Univ. MENTOURI, Constantine. pp7-8..
- Pouget M. (1980)-** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises Travaux et Documents de l'ORSTOM Paris 556 p ; ISBN 2-7099-0564-7.
- Prévost, P.(2016)-**. Les divers modes d'irrigation de la source à la parcelle. Editions les bases de l'agriculture, 352 Pages
- Salmi M. (2015)-**. Caractérisation morpho physiologique et biochimique de quelques générations F de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi arides. Mémoire de mastère en Agronomie. Spécialité génétiques et amélioration des plantes, Département des Sciences Agronomiques, Université de Sétif Algérie, 84p.
- Skogerboe, G. V., (1984)-**. Advances in irrigation. *Agric. Water Manag.* 9, 260–263.  
[https://doi.org/10.1016/0378-3774\(84\)90010-6](https://doi.org/10.1016/0378-3774(84)90010-6)
- Soltner D. (1988)-**. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16<sup>ème</sup> éditions. 464p.
- Soltner D. (1990)-**. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 17<sup>ème</sup> édition, 464p.
- Soltner D.(2005)-**. Les bases de la production végétale 24<sup>eme</sup> Ed : coll.sci et Tec Agri, 77p.
- Soltner, (1988)-**. Les Grandes Productions Végétales. *Les Collections Sciences Et Techniques agricoles, Ed. 16<sup>ème</sup> Editions* 464P.
- Tiercelin, J. R.(2006)-**. Traité d'irrigation, Editions TEC & DOC, 1262 Pages