



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière: Biologie

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Thème

**Effet de marc du café sur la germination et la
croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf).**

Présenté par :

RAMBI Yassmine

SDARA Aya Moubarka

Devant le jury composé de :

Président : M^r BEZINI Elhadi

MAA UZA Djelfa

Promoteur: M^r MORTET Ahmed

MCB UZA Djelfa

Examineur: M^{me} HADADOU Djamila

MAA UZA Djelfa

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciement

*Nous remercions avant tout **ALLAH** le tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Nous nous adressons l'expression de nos très vives gratitude et respects à notre encadreur, Monsieur **MORTET AHMED** pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail. La confiance et l'orientation qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve ici, l'expression de nous profonde reconnaissance, nous immense gratitude et nous grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa grande disponibilité, sa confiance et ses encouragements.*

Nous allons remercier les membres du jury, qui ont accepté d'être associés à ce travail, et examiner le fruit de ces mois de recherches.

*Le président : **Mr BEZINI Elhadi***

*L'examineur : **M^{me} HADADOU Djamila***

Enfin on remercie tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, directement ou indirectement à réaliser ce travail

Yassmine, Aya

Dédicace

À dieu qui m'a donné la patience et la force pour la réalisation de ce travail.

Du profond de mon cœur, je dédie ce modeste travail en premier lieu : À mon père ALI qui est toujours disponible pour nous et prêt à nous aider. À la source de tendresse, de patience et de générosité, ma mère SOUAD qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas eu lieu.

Je dédie aussi cette modeste réalisation à :

Mes très chers frères AMAR, ABDENOUR et MUSTAPHA.

À ma chère sœur AHLAM les mots ne peuvent résumer mon amour à votre égard, son époux NOURELODDINE

À mon petit ange, MOUHAMED.

À ma très chère amie CHAHED ma sœur, ma moitié que je l'aime beaucoup.

À mon adorable binôme Aya

À toutes la famille les personnes que je connais et que je n'ai pas citées. À ceux que j'aime et qui m'aiment.

YASSMINE.

*Tout d'abord, je remercie le bon dieu tout-puissant pour ma donner la
volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail*

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A toute ma famille.

*A mon très cher père **Mohamed**, pour ses encouragements et pour ses
précieus conseils durant mes études.*

*A ma précieuse mère **Malika** Pour son affection, sa patience au long de ma
vie.*

*A ma adorable sœur **Maria** et A mes frères : **Houssam Eddine**, **Ayman** et
Haitham*

*A mes chères amies : **Fatima**, **Sarah**, **Amani** et **Abir***

*A ma chère amie **Yasmine** qui a été le meilleur binôme, je lui souhaite
encore plus de succès*

Tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature

ET de la vie.

À toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide dans ce travail

Aya

Résumé

L'idée du sujet de cette recherche est considérée comme l'une des nouvelles techniques en biologie pour réduire les dommages de l'agriculture chimique, que ce soit sur le sol, les plantes ou l'homme. L'étude s'est attachée à mesurer l'effet de la fertilisation avec du marc de café séché sur l'acidité de ce sol d'une part ; et d'autre part, à connaître la réponse du blé dur (*Triticum durum* Desf) à ce type de fertilisation biologique en étudiant plusieurs caractéristiques : morphologiques et physiologiques.

Les plantes expérimentales ont été divisées en cinq groupe sur la base des doses de marc du café (témoin, 0.5%, 1%, 1.5% et 2%) avec quatre répétitions par groupe.

L'analyse statistique des résultats de l'étude montre un changement dans l'acidité du sol, où nous avons enregistré une augmentation de pH du sol d'une manière qui convient à la croissance de la culture.

Une amélioration significative des caractéristiques de germination a également été observée, car les résultats ont montré un effet significatif à la fois sur le taux, la vitesse et la cinétique de germination.

Les caractéristiques morphologiques montrent une augmentation significative de la longueur de la tige, du nombre de feuilles et de la surface foliaire en comparant avec le témoin. Concernant les caractéristiques hydriques, il y a une amélioration dans les paramètres de conservation de l'eau dans les feuilles de blé dur.

Il a été constaté que les traitements avec le marc de café avaient un effet positif sur le blé dur, notamment en termes de morphologie, car il présentait un bon comportement de croissance en termes de longueur quantitative, de nombre de feuilles et de racines.

Mots clés : marc de café, blé dur, sol, paramètres morphologiques, paramètres hydriques.

Abstract

The idea of the subject of this research is considered one of the new techniques in biology to reduce the damage of chemical agriculture, whether on soil, plants or humans. The study focused on measuring the effect of fertilization with dried coffee grounds on the acidity of this soil on the one hand; and on the other hand, to know the response of durum wheat (*Triticum durum Desf*) to this type of biological fertilization by studying several characteristics: morphological and physiological.

The experimental plants were divided into five groups based on coffee grounds doses (control, 0.5%, 1%, 1.5% and 2%) with four repeats per group.

Statistical analysis of the results of the study shows a change in soil acidity, where we recorded an increase in soil pH in a way that is suitable for crop growth.

A significant improvement in germination characteristics was also observed, as the results showed a significant effect on both germination rate, speed and kinetics.

Morphological features show a significant increase in stem length, leaf count and leaf area when compared with the control. Regarding water characteristics, there is an improvement in water conservation parameters in durum wheat leaves.

It was found that treatments with coffee grounds had a positive effect on durum wheat, especially in terms of morphology, as it exhibited good growth behavior in terms of quantitative length, number of leaves and roots.

Keywords: coffee grounds, durum wheat, soil, morphological parameters, water parameters.

الملخص

تعتبر فكرة موضوع هذا البحث من التقنيات الحديثة في علم الأحياء للحد من أضرار الزراعة الكيميائية سواء على التربة أو النباتات أو البشر. وركزت الدراسة على قياس أثر التسميد بالبن المجفف المطحون على حموضة هذه التربة من ناحية؛ ومن ناحية أخرى ، لمعرفة استجابة القمح القاسي (*Triticum durum* Desf) لهذا النوع من الإخصاب البيولوجي من خلال دراسة العديد من الخصائص: المورفولوجية والفسولوجية.

تم تقسيم النباتات التجريبية إلى خمس مجموعات بناء على جرعات القهوة المطحونة (التحكم ، 0.5 % ، 1 % ، 1.5 % و 2 %) مع أربعة تكرارات لكل مجموعة .

أظهر التحليل الإحصائي لنتائج الدراسة تغيراً في حموضة التربة، حيث سجلنا زيادة في درجة الحموضة في التربة بطريقة مناسبة لنمو المحاصيل.

كما لوحظ تحسن كبير في خصائص الإنبات، حيث أظهرت النتائج تأثيراً كبيراً على كل من معدل الإنبات والسرعة والحركية.

تظهر السمات المورفولوجية زيادة كبيرة في طول الساق وعدد الأوراق ومساحة الورقة عند مقارنتها بالتحكم. فيما يتعلق بخصائص المياه ، هناك تحسن في معلمات الحفاظ على المياه في أوراق القمح القاسية.

وجد أن العلاجات بالبن المطحون كان لها تأثير إيجابي على القمح القاسي ، خاصة من حيث المورفولوجيا ، حيث أظهرت سلوكاً جيداً للنمو من حيث الطول الكمي وعدد الأوراق والجذور.

الكلمات المفتاحية: بقايا البن المطحون، القمح الصلب،

التربة، العوامل المورفولوجية، العوامل الفيزيولوجية.

Tableau 1: Les principales maladies fongiques du blé.....	17
Tableau 2 : Les principales différences entre arabica et robusta.....	23

Figure 1 : Origine génétique des blés.	6
Figure 2 : Anatomie d'une graine du blé dur	7
Figure 3 : Fleurs et grain (caryopse) de blé	8
Figure 4 : Cycle de développement du blé.....	8
Figure 5 : Etapes de la phase levée	9
Figure 6 : Phase de tallage	9
Figure 7 : La phase de Montaison-Gonflement	10
Figure 8 : Stade épiaison.....	11
Figure 9 : Stade de maturation du grain.....	11
Figure 10 : Production céréalière, utilisation et stocks.	18
Figure 11 : Statistique agricole superficies et productions du céréales.	19
Figure 12 : Le café	20
Figure 13 : Graines des deux principales variétés du café ; Arabica et Robusta.	23
Figure 14 : Les pays producteurs du café	25
Figure 15 : Les principaux pays consommateurs du café	25
Figure 16 : Aspect de graines du café au cours de la torréfaction à différents degrés.....	31
Figure 17 : Le site de l'étude	35
Figure 18 : Semences de blé dur variétés Boussalem	36
Figure 19 : Le marc du café.	36
Figure 20 : Dispositif expérimental de l'essai.	40
Figure 21 : Effet des différentes doses de marc du café sur le taux de germination des grains de <i>T. durum</i> var. Boussalem pendant 08 jours.....	44
Figure 22 : Effet des différentes doses de marc du café sur la cinétique de germination des grains de <i>T. durum</i> var. Boussalem pendant 08 jours	45
Figure 23 : Effet des différentes doses de marc du café sur la vitesse de germination des grains de <i>T. durum</i> var. Boussalem pendant 08 jours.....	46
Figure 24 : Effet des différentes doses de marc du café sur la moyenne journalière de germination des grains de <i>T. durum</i> var. Boussalem pendant 08 jours.....	47
Figure 25 : Effet des différentes doses de marc du café sur la cinétique de la longueur de <i>T. durum</i> var. Boussalem	50
Figure 26 : Effet des différentes doses de marc du café sur la surface foliaire de <i>T. durum</i> var. Boussalem.	51
Figure 27 : Effet des différentes doses de marc du café sur la surface foliaire totale de <i>T. durum</i> var. Boussalem.	51
Figure 28 : Effet des différentes doses de marc du café sur la longueur aérienne, racinaire et totale de <i>T. durum</i> var. Boussalem.....	52
Figure 29 : Effet des différentes doses de marc du café sur la matière sèche de <i>T. durum</i> var. Boussalem	55
Figure 30 : Effet des différentes doses de marc du café sur la teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC) de <i>T. durum</i> var. Boussalem.	56
Figure 31 : Effet des différentes doses de marc du café sur le taux de déperdition de <i>T. durum</i> var. Boussalem.....	57

Figure 32: Effet des différentes doses de marc du café sur le déficit hydrique de saturation de T. durum var. Boussalem.....	58
Figure 33 : pH du sol avant la plantation et après la récolte.....	61

- ♣ **JC**: Jésus-Christ
- ♣ **C. arabica** : *Coffea arabica*
- ♣ **C. canephora** : *Coffea Canephora*
- ♣ **CGA** : Acides chlorogéniques
- ♣ **MS** : Matière sèche
- ♣ **MO** : Matière organique
- ♣ **j** : la vitesse de germination
- ♣ **MDG** : Mean Daily germination
- ♣ **S F** : Surface Foliaire
- ♣ **S F T** : Surface Foliaire Totale
- ♣ **RWC** : Relative Water Content
- ♣ **P F** : Poids Frais
- ♣ **P T** : Poids en Turgescence
- ♣ **P S** : Poids Sec
- ♣ **RWL** : Relative Water Loss
- ♣ **P_{30 min}** : Poids après 30 min
- ♣ **P_{60 min}** : Poids après 60 min
- ♣ **P_{120 min}** : Poids après 120 min
- ♣ **min** : minute temporelle
- ♣ **t₅₀** : Temps moyen correspondant à la germination de 50% de graines
- ♣ **DHS** : Déficit hydrique de saturation
- ♣ **ABA** : l'acide abscissique
- ♣ **UV** : Ultra-violet
- ♣ **M.A.D.R** : Ministère de l'agriculture et du développement rural.
- ♣ **J.O.U.E** : Journal officiel de l'Union européenne
- ♣ **OIC** : Organisation international du café.
- ♣ **FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- ♣ **CIG**: Le Conseil International des Céréales
- ♣ **USDA**: Le Département Américain de l'Agriculture

Annexe 1. Protocoles du dosage des paramètres étudiés.....	80
Annexe 2. Planches et Photos de l'expérimentation.....	83
Annexe 3. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Taux de germination final ».....	86
Annexe 4. Traitements statistiques de l'Ecart-type des résultats du paramètre « Cinétique de germination » des graines de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous un effet de marc de café.	86
Annexe 5. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Vitesse de germination ».	86
Annexe 6. Traitements statistiques des résultats de la « Moyenne journalière de germination ».	86
Annexe 7. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Cinétique de nombre de feuilles » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.....	86
Annexe 8. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Surface foliaire totale » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.	87
Annexe 9. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Longueur aérienne, racinaire et totale » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.	87
Annexe 10. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Teneur relative en eau RWC » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.....	87
Annexe 11. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Taux de déperdition d'eau RWL » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.....	87
Annexe 12. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Matière sèche MS » de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.	88
Annexe 13. Traitements statistiques des résultats du paramètre «Déficit hydrique de saturation DHS» de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) sous l'effet du marc de café.	88

Remerciement	I
Dédicace	II
Résumé	IV
Abstract	V
الملخص	VI
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
	4
chapitre I	5
I.1 Historique.....	5
I.2 Origine du blé.....	5
I.2.1 Origine géographique	5
I.2.2 Origine génétique.....	6
I.3 Classification.....	6
I.4 Caractéristiques morphologiques	7
I.4.1 grains.....	7
I.4.2 Appareil végétatif.....	7
a) Tiges.....	7
b) Feuilles.....	7
c) Racines.....	7
I.4.3 Appareil reproducteur	8
I.5 Cycle de développement.....	8
I.5.1 La période végétative.....	9
I.5.1.1 Stade germination-levée	9
I.5.1.2 Stade levée-tallage.....	9
I.5.2 La période reproductrice.....	10
I.5.2.1 Montaison-Gonflement.....	10
(a) Stade épi 1 cm.....	10
(b) Stade 1 à 2 nœuds.....	10
(c) Stade méiose mâle.....	10
I.5.2.2 L'épiaison.....	10
I.5.2.3 La floraison.....	11
I.5.3 Le remplissage du grain.....	11
I.5.3.1 Stade grain laiteux.....	11

I.5.3.2 Stade grain pâteux.....	11
I.6 Les exigences du blé.....	11
I.6.1 Exigences pédoclimatiques.....	12
a température.....	12
b L'eau.....	12
c La lumière.....	12
d Le sol.....	13
I.6.2 Exigences culturales.....	13
a Préparation du sol.....	13
b Choix des variétés.....	13
c Semis.....	14
d Fertilisation.....	14
<input type="checkbox"/> Azote (N).....	14
<input type="checkbox"/> Phosphore (P).....	15
<input type="checkbox"/> Potassium (K).....	15
e Irrigation.....	16
f Entretien.....	16
<input type="checkbox"/> Lutte mécanique.....	16
<input type="checkbox"/> Lutte chimique.....	16
I.7 Les facteurs limitant la production du blé dur.....	16
I.8 Importance du blé dur.....	17
I.8.1 Importance alimentaire.....	17
I.8.2 Importance économique.....	17
A Dans le monde.....	17
B En Algérie.....	19
chapitreII	20
II.1 Définition.....	20
II.2 Historique.....	20
II.3 Classification.....	21
II.4 Variétés de café.....	21
II.4.1 Arabica.....	22
II.4.2 Robusta.....	22
II.5 Culture et récolte du café.....	24

II.5.1 La culture du café.....	24
II.5.2 La récolte du café.....	24
II.6 Production mondiale de café	25
a Les principaux pays producteurs du café	25
b Les principaux pays consommateurs du café.....	25
c Production mondiale.....	26
II.7 Composition.....	26
II.7.1 La caféine.....	26
II.7.2 La trigonelline.....	27
II.7.3 Les polyphénols.....	27
II.7.4 Les acides chlorogéniques.....	27
II.7.5 Le cafestol et le kahweol	27
II.7.6 Les fibres.....	27
II.7.7 Les autres constituants	28
a Les glucides.....	28
b Les protéines, les peptides et les acides aminés	28
c Les minéraux.....	28
d Les lipides.....	28
e Les vitamines.....	29
II.8 Différents traitements producteurs du café	29
II.8.1 Traitements des cerises de café	29
a Méthode humide (café lavé).....	29
b Méthode sèche (café non lavé)	29
II.8.2 La torréfaction.....	30
a Torréfaction légère.....	30
b Torréfaction moyenne.....	30
c Torréfaction corsée.....	30
<input type="checkbox"/> Torréfaction traditionnelle	30
<input type="checkbox"/> Torréfaction du café éclair ou flash	31
II.8.3 Mouture des graines	31
II.9 Effets bénéfiques du café sur la santé	32
<input type="checkbox"/> L'une des boissons les plus riches en antioxydants	32
<input type="checkbox"/> Maladie de Parkinson.....	32

□ Maladies cardio-vasculaires.....	32
□ Diabète de type 2.....	32
II.10 Effets du café sur la santé.....	32
a Activité ciable du café sur la santé.....	33
b Activité mutagène.....	33
c Au trie effets préjudiciables possibles.....	33
PARTIE PRATIQUE.....	34
chapitreIII.....	35
III.1 Objectif de l'étude.....	35
III.2Localisation géographique du site expérimental.....	35
III.3 Matériel végétal.....	35
III.3.1 Blé dur <i>Triticum turgidum</i> L. subsp. durum Desf.).....	35
III.3.2 Marc de café.....	36
III.4 Test de la capacité germinative des sains utilisés.....	37
III.5.1 Préparation.....	37
III.5.2 pH du sol.....	37
III.5.3 Doses de fertilisation.....	37
III.6 Germination.....	37
III.6.1 Taux de germination final.....	38
III.6.2 Cinétique de germination.....	38
III.6.3 Vitesse de germination.....	38
III.6.4 Moyenne journalière de germination (MDG = Mean Daily Germination).....	38
III.7 Etude de la croissance.....	39
III.7.1 Conduite de l'expérience.....	39
a) Semis.....	39
b) Arrosage.....	39
c) Récolte.....	39
d) Dispositif expérimental.....	39
III.8 Paramètres étudiés.....	40
III.8.1 Paramètres morphologiques et biométriques.....	41
A) Cinétique de longueur.....	41
B) Cinétique de nombre de feuilles.....	41
C) Surface foliaire.....	41

D) Longueur des parties aérienne, racinaire et totale	41
E) Matière sèche (MS).....	42
III.8.2 Paramètres hydriques	42
A) Teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC).....	42
B) Taux de déperdition d'eau (Relative Water Loss) RWL	42
chapitreIV	44
IV.1 Germination.....	44
IV.1.1 Effet du marc de café sur le taux de germination	44
IV.1.2 Effet du marc de café sur la cinétique de germination du blé	44
IV.1.3 Effet du marc de café sur la vitesse de germination du blé dur	45
IV.1.4 Effet du marc du café sur la moyenne journalière de germination (MDG) du blé dur.....	46
IV.1.5 Discussion.....	47
IV.2 Paramètres morpho-biométriques	49
IV.2.1 Effet du Marc de café sur la cinétique de la longueur de blé dur	49
IV.2.2 Effet du Marc de café sur la surface foliaire du blé dur	50
IV.2.3 Effet du Marc de café sur Surface foliaire totale de blé dur	51
IV.2.4 Effet du Marc de café sur la longueur finale aérienne, racinaire et totale	52
IV.2.5 Discussion.....	53
IV.3 Paramètres hydriques (physiologiques)	54
IV.3.1 Effet du Marc de café sur la matière sèche	54
IV.3.2 Effet du Marc de café sur la teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC) de blé dur.....	54
IV.3.3 Effet du Marc de café sur la sur le taux de déperdition d'eau (Relative Water Loss) RWL de blé dur.....	56
IV.3.4 Effet du Marc de café sur le déficit hydrique de saturation (DHS)	57
IV.3.5 Discussion.....	58
IV.4 PH du sol avant et après.....	61
Conclusion et perspectives	63
Références bibliographiques	66
Annexes	83

Introduction

La relation entre l'homme et son environnement naturel a évolué et au cours de l'histoire ; et puisque l'agriculture est une activité humaine qui valorise la terre et les ressources naturelles afin de produire les matières nécessaires à la consommation humaine et animale, elle a également su se développer au cours du XX^{ème} siècle avec l'inclusion de systèmes d'agriculture intensive. Ce qui a conduit au déséquilibre des équilibres naturels et à l'apparition de problèmes dus à l'utilisation excessive d'intrants chimiques au niveau de la fertilisation (**Al-Waer et Ayyad, 2020**).

L'agriculture biologique, qui est connue comme une méthode agricole écologique avec des dimensions économiques et sociales, vise à produire des aliments propres de manière sûre, en tenant compte de l'équilibre naturel et sans perturber le système écologique (**Esraa, 2018**). Elle s'appuie sur la fertilisation organique pour prévenir la détérioration des sols et augmenter leur fertilité, pour augmenter la valeur productive des terres agricoles et réduire la pollution. Par conséquent, l'utilisation des déchets organiques est l'un des facteurs importants qui conduisent à la fourniture d'engrais pour les plantes et le sol. La fertilisation organique est également un enjeu important dans l'agriculture moderne, car il s'agit de l'équilibre nutritionnel pour répondre aux besoins de base de la plante ainsi que de la réduction de la fertilisation minérale. La matière organique a la particularité d'adsorber les macro et micro-nutriments, ce qui la rend plus disponible dans la zone d'épandage des racines (**F.A.O, 1999**).

La matière organique joue un rôle important dans le maintien de l'acidité modérée du sol, qui assure une bonne croissance des plantes, et fournit des éléments nutritifs dans le sol. Cette dernière est contenue dans quelques déchets végétales utilisées pour l'amélioration de l'agriculture (**Boyhan et al., 2011**).

Chaque jour, lorsqu'on appartient à un foyer adepte du café filtre matinal, on jette un filtre à café (non blanchi) et son marc de café aux ordures ménagères. L'idée n'est pas de renoncer à sa boisson du matin vécue à la fois comme une nécessité et un rituel mais de trouver de nouvelles utilisations, à la fois écologiques, économes et pratiques, à ce déchet (**Doucet, 2011**).

Le marc de café convient très bien comme engrais aux roses et aux herbes aromatiques. Sa teneur élevée en potassium fortifie les défenses naturelles des plantes et contribue aussi à éloigner les insectes nuisibles comme les escargots. Le Marc éloignera les pucerons, les vers et les limaces grâce à ses propriétés insectifuges. Il aide à une bonne composition organique du sol puisque des matières générant de l'humus se forment lors de la biodégradation. À l'image des effets d'un premier café du matin sur nous, ça leur donnera un petit coup de fouet. Du marc de café sec mélangé aux graines des semis évite les surcharges localisées des graines. De plus, il aide les graines à germer, éloigne les mouches par son odeur, et permet de combattre les nématodes qui

s'attaquent aux racines des plantes. Il peut aussi être utilisé comme répulsif à fourmis (Doucet, 2011).

Ce travail vise à la valorisation de marc de café et son rôle dans l'amélioration de la production agricole de grains débarrasser de la fertilisation chimique et de ses effets négatifs à long terme, recyclez les déchets des maisons et des usines de manière utile et obtenir un produit de santé biologique sécuritaire. Dans ce cadre, notre contribution se situe à ce niveau de problématique, c'est dans ce domaine que s'inscrit l'objectif de ce travail où on a choisi étudier les effets du marc de café sur l'une des plantes graminées (le blé dur *Triticum durum* Desf).

Cette étude est structurée en deux parties :

✚ Une partie théorique comprend deux chapitres : Dans le premier chapitre, nous avons abordé le blé dur en raison de son importance nutritionnelle et environnementale. Dans le deuxième chapitre, nous avons inclus des informations générales sur le café, son importance, sa culture, et ses composants les plus importants.

✚ Une deuxième partie pratique, à travers laquelle nous avons cherché à atteindre les objectifs de l'étude sur le terrain, nous l'avons donc également divisée en deux chapitres. Dans le premier chapitre, nous avons traité des matériaux et des méthodes de recherche, et dans le deuxième chapitre, nous avons présenté les résultats de notre étude et les discuté après les avoir analysés statistiquement avec les derniers programmes statistiques.

✚ L'étude s'est conclue par une conclusion générale comprenait les résultats les plus importants et donnait des perspectives pour mieux améliorer l'étude.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Historique

Le blé fait partie des trois grandes céréales (avec le riz et le maïs) comme les principales ressources alimentaires de l'humanité. La culture des céréales a permis la montée des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité (**Ruel, 2006**). La domestication du blé, liée à la naissance de l'agriculture, survient au Proche-Orient, dans la région du croissant fertile, il y a environ 10000 ans (**Naville, 2005**).

Le blé dur est une espèce monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille de Gramineae (Poaceae) (**Feillet, 2000**). Selon les archéologues, la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) est apparue entre 9000 et 7000 BC dans la région qui s'étend sur la Palestine, la Syrie, la Turquie, l'Iran et l'Irak, dite le croissant fertile (**Dubcovsky et Dvorak, 2007**). La culture du blé a commencé à se répandre au-delà du croissant fertile au cours de la période néolithique, pour atteindre la mer Égée, le sous-continent indien, l'Afrique et l'Europe, selon les mouvements migratoires des peuples d'antan (**Wayne 1995**).

Le terme blé vient du gaulois blato à l'origine du vieux français blaie, blee, blaier, blaver, d'où le verbe emblaver, désigne les grains qui broient, fournissent de la farine, pour le porridge (polenta), les crêpes ou le pain. Selon **Pictav (1856)**, le Blé dur (*T. durum*) était la seule variété connue de la population autochtone dans l'Algérie avant la colonisation française. Il est de couleur plus brune du grain, son écorce craque sous la dent, sa cassure vitreuse, sa farine moins blanche.

I.2 Origine du blé

I.2.1 Origine géographique

La plupart des recherches archéologiques ont confirmé que le blé était originaire des régions du croissant fertile (**Harlan, 1976 ; Badr et al., 2000 In Boulal et al., 2007 et Bonjean, 2001**), spécifiquement dans le sud de l'Anatolie et dans le nord de la Syrie (**Henry et De Buyser, 2000**). C'est à partir de cette zone que les blés ont été répandus en Afrique, en Asie et en Europe. La route la plus ancienne de la distribution des céréales vers les pays du Maghreb était de la péninsule italienne et de la Sicile. (**Bonjean, 2001**).

Au Maghreb, (**Erroux 1960 in Boulal et al., 2007**), signifie dans la fin du XIX^{ème} siècle, les espèces de blé étaient représentées par le blé dur.

Le blé dur est représenté en Afrique du Nord par un nombre énorme de variétés, qui ont fait considérer cette région comme un centre d'origine de l'espèce. Toutefois, ce point de vue a été contesté par **Vavilov**, pour qui ce centre serait l'Abyssinie, et l'Afrique du Nord est le centre

secondaire de la diversité de *T. durum*, surtout dans les parties montagneuses, où ces formes sont les plus variées et les plus nombreuses (Miège, 1950).

I.2.2 Origine génétique

Les espèces de blé tirent leur origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticum urartu* et des espèces sauvages apparentées appartenant à *Aegilops* (*Aegilops speltaoides*) (Fig 01). *Triticum monococcum* et *Triticum urartu* sont les premières variétés des céréales cultivées, elles sont de constitution génomique $2n = 14$ (Feldman et Sears, 1981).

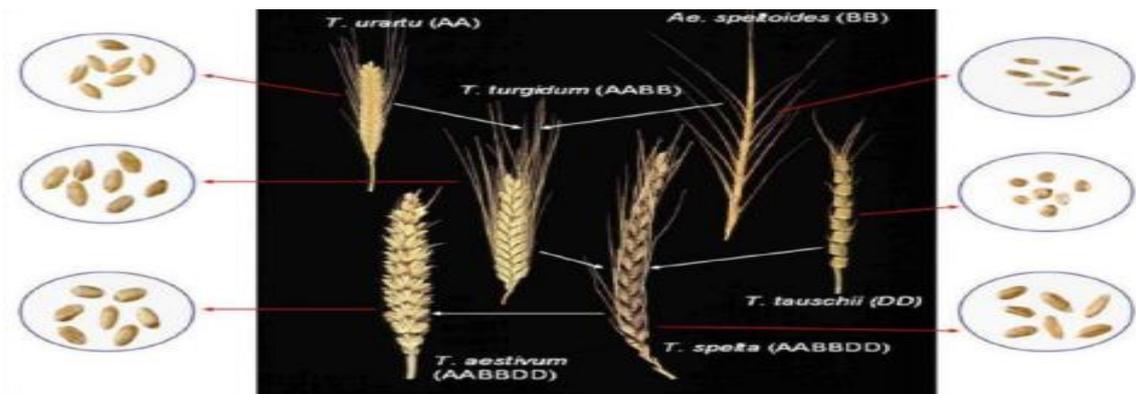


Figure 1 : Origine génétique des blés (Feillet, 2007).

I.3 Classification

La classification du blé dur, selon Prats (1960), Crête (1965) et Feillet (2000) est comme suit :

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

I.4 Caractéristiques morphologiques

I.4.1 grains

Le grain de blé (caryopse) montre un côté dorsal (arrière) et une face ventrale (avant), un sommet et une base dont le côté dorsal est creusé d'un profond sillon qui s'allonge du pic. Le caryopse est surmonté d'une brosse, l'embryon est localisé au bas de la surface dorsale. Le grain contenu des trois partis : l'enveloppe de grain (péricarpe), l'enveloppe du fruit (assise), l'endoderme (albumen), et le germe ou embryon (**Soltner, 1988**).

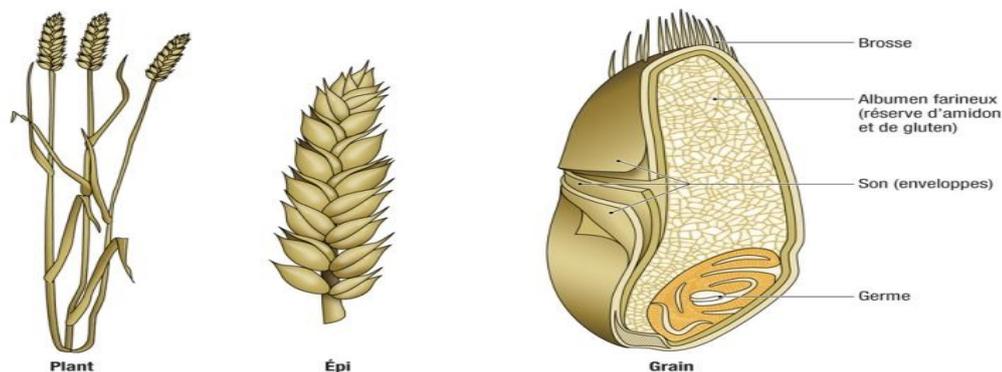


Figure 2 : Anatomie d'une graine du blé dur (**Léger, 2013**)

I.4.2 Appareil végétatif

a) Tiges

Sur la partie aérienne, on distingue une tige principale appelée « le maître » brun cylindrique, lisse, plus ou moins creuse, et des tiges secondaires appelées « talles » qui naissent à la base de la plante (**Boulal et al., 2007**).

b) Feuilles

Alternes, distiques, simples et entières, avec une gaine arrondie (**Belay, 2006**). Chaque feuille prend naissance à l'aisselle d'un nœud. La feuille du blé se compose de quatre parties : la gaine, les stipules ou oreillettes, la ligule et le limbe (**Boulal et al., 2007**). Le limbe est linéaire à nervures parallèles, plat et un peu poilu (**Belay, 2006**).

c) Racines

Le blé dur a deux systèmes racinaires continus. Un système racinaire primaire ou séminale, fonctionnel dès la germination. En général, seules 6 racines fines se forment (**Monneveux, 1992**), ainsi qu'un système racinaire secondaire groupé ou racine adventive qui émerge lors du tallage, et se substitue progressivement au précédent. Le nombre de racines est d'autant plus important que la

période de tallage augmente. Très actives avant la floraison, les racines adventives entrent alors dans un état sénescence (Boulal *et al.*, 2007).

I.4.3 Appareil reproducteur

Les organes génitaux (inflorescence) sont un épi portant le rachis avec des épillets séparés par de courts nœuds (Bozzini, 1988). Chaque épillet est une petite grappe de 1 à 5 fleurs bisexuées (Boulal *et al.*, 2007). Chaque fleur peut porter un seul fruit (Bozzini, 1988). De couleur vitreuse ambrée, le grain de blé dur est le fruit le plus dur, sec et non fissuré (caryophyte) de tous les blés, et il a un aspect ovale et allongé avec une rainure centrale sur une de ses faces (Belay, 2006).

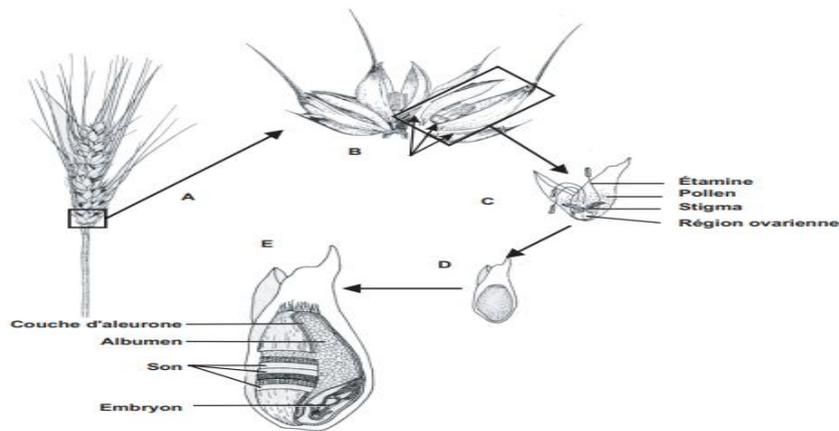


Figure 3 : Fleurs et grain (caryopse) de blé (Heiser, 1990).

I.5 Cycle de développement

Le cycle de développement du blé est constitué d'une série d'étapes (fig 04) séparées par des stades repérés, permettant de diviser en deux périodes la vie des céréales, une période végétative au cours de laquelle la plante ne pousse que des feuilles et des racines; et une période de reproduction dominée par l'apparition des épis et la formation des graines (Soltner, 2005).

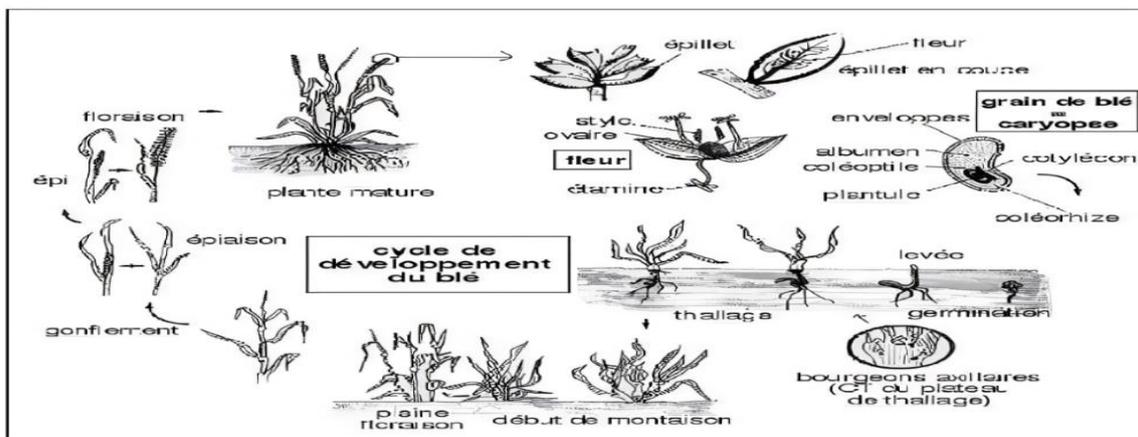


Figure 4 : Cycle de développement du blé (Henry et De Buyser, 2000).

I.5.1 La période végétative

I.5.1.1 Stade germination-levée

Lors de la germination, l'embryon augmente dans le volume par le phénomène d'hydratation et l'utilisation des réserves qui dégagent progressivement les enveloppes qui l'entourent (**Binet et Brunel, 1999**). Selon **Al-Ani et al., (1982)**, la germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions liées au milieu (la chaleur, l'aération et l'humidité).

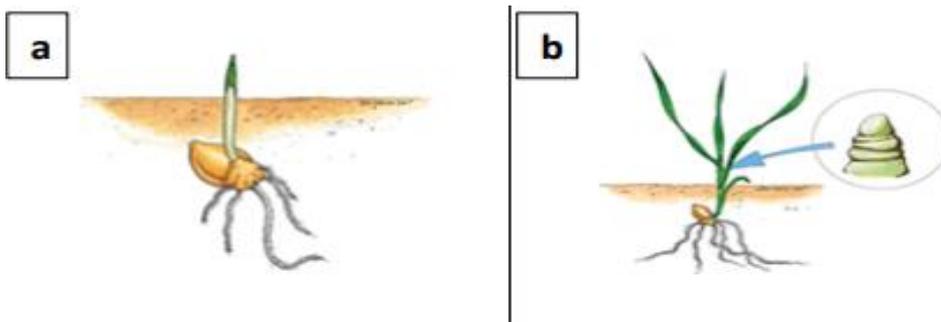


Figure 5 : Etapes de la phase levée (**Soltner, 2005**).

a : Germination, levée. b : Développement des feuilles.

I.5.1.2 Stade levée-tallage

Selon **Soltner**, cette phase est un mode de propre aux graminées, caractérisé par la formation du plateau tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines où cette phase nécessite des températures moyennes de 09 à 22 °C respectivement (**Mekliche, 1983**). Le tallage est marqué par l'apparition de la tige secondaire, talle, à la base de la feuille. D'abord, les autres feuilles poussent également dans leur direction verte. À l'intérieur de la tige, nous pouvons trouver ce qu'on appelle la pointe de croissance, elle commence à ressembler à un épi de blé. Au début, la pointe est sous terre, protégée contre le gel. Au fur et à mesure de la reprise de la végétation, la pointe de croissance et s'élever dans la tige.

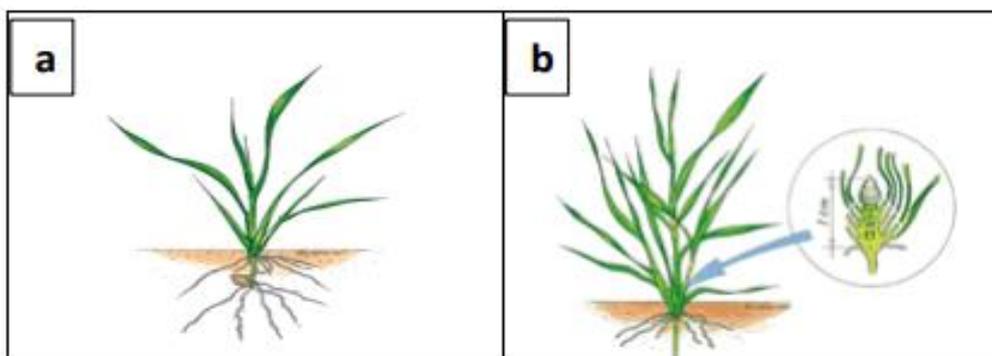


Figure 6 : Phase de tallage (**Soltner, 2005**).

a : Stade début du tallage, b : Stade plein tallage.

I.5.2 La période reproductrice

I.5.2.1 Montaison-Gonflement

(a) Stade épi 1 cm

C'est la dernière étape du tallage herbacé, marquée par l'allongement des entre-nœuds de la tige principale. Dans des futurs épillets, on peut observer la formation des ébauches de glumes (**Robert, 1993**).

(b) Stade 1 à 2 nœuds

L'allongement du premier puis du second entre-nœud de la tige principale. Dans ce stade, ils se succèdent deux stades au niveau de l'épi, le premier stade conforme à la formation des glumelles et le deuxième conforme à la différenciation de l'épillet terminal. Ce dernier indique que le nombre d'épillets est terminé, puis l'étape de formation des fleurs commence (**Robert, 1993**).

(c) Stade méiose mâle

À ce stade, les épis gonflent et la gaine de la dernière feuille ainsi que les grains de pollen se différencient dans les anthères. C'est une période particulièrement importante dans l'élaboration du nombre de grains (**Robert, 1993**).

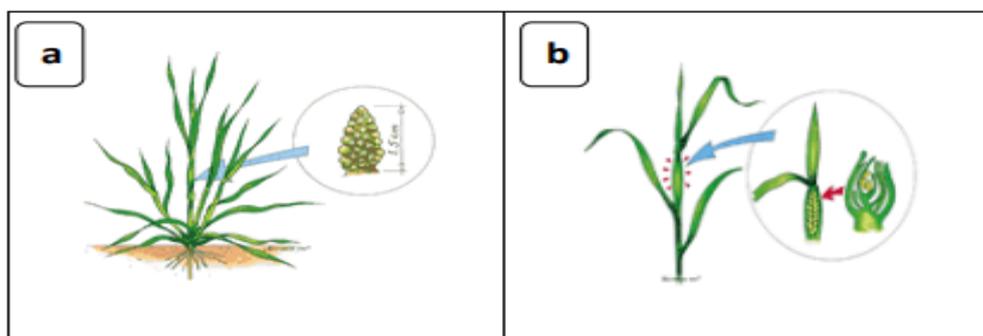


Figure 7 : La phase de Montaison-Gonflement (**Soltner, 2005**).

a : Elongation de la tige principale.

b : Gonflement de l'épi.

I.5.2.2 L'épiaison

Ce stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis de la gaine de la dernière feuille (**Soltner, 2005**).



Figure 8 : Stade épiaison (Soltner, 2005).

I.5.2.3 La floraison

C'est l'apparition des étamines hors des épillets. À ce stade, le développement de la tige est terminé, la fécondation a eu lieu, et le nombre maximum est donc fixé (Bourras, 2001).

I.5.3 Le remplissage du grain

I.5.3.1 Stade grain laiteux

Les enveloppes du grain sont formées. La taille potentielle du grain est déterminée (Bourras, 2001).

I.5.3.2 Stade grain pâteux

Le poids de 1000 grains est acquis du remplissage des enveloppes.

Grain mûr : obtenu après la dessiccation du grain entre les stades laiteux et pâteux. La quantité d'eau contenue dans le grain est stable (Bourras, 2001).

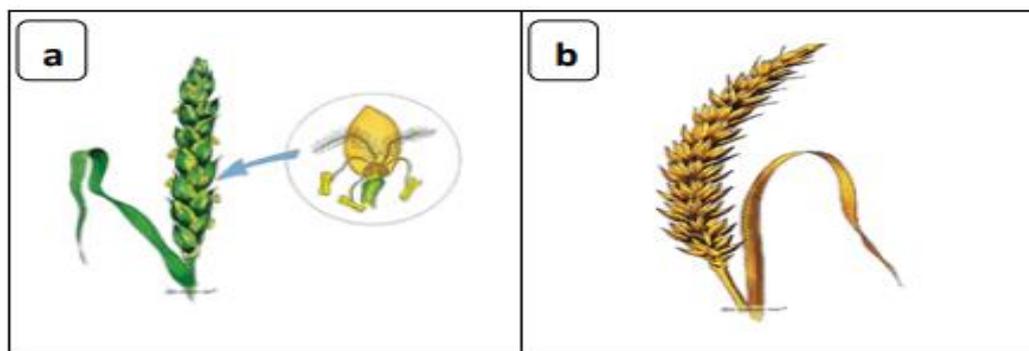


Figure 9 : Stade de maturation du grain (Soltner, 2005).

a : La floraison.

b : Maturation du grain.

I.6 Les exigences du blé

Triticum durum Desf. n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité. Le blé dur peut être cultivé dans toutes les régions, cependant, de fortes pluies pendant la maturité peuvent affecter

la qualité du grain (**Bennasseur, 2003**). Le blé dur requiert une terre, bien drainante, mais pas trop sujette au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain (**Clément, 1981**). Les principaux facteurs limitant la culture et le développement du blé sont la température, la lumière, l'eau et le sol (**Soltner, 1988**).

I.6.1 Exigences pédoclimatiques

a température

Les températures permettant une croissance optimale et un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20 °C (**DuPont et Altenbach, 2003**). Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés, de même la température agit sur la vitesse de croissance. Cela ne change pas les potentiels génétiques de croissance, mais la température totale qui agit pour exprimer ces potentiels. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (**Ondo, 2014**). Au-delà de 32 °C, on peut observer des ravages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante. Quant aux basses températures et la tolérance au froid, le blé dur a la capacité de supporter des températures inférieures à 04 °C considérées comme la température minimale pour la croissance. Cependant, une seule journée à une température minimale de l'ordre de -4°C, entre le stade épi 1 cm et un nœud, pénalise le nombre de grains par épi (**Gate, 1995**). Selon la sensibilité variétale, le seuil thermique de mortalité varie entre -16 et -12 (**Simon et al., 1989**).

Mekhlouf et al., (2001) situent les exigences en température pour les stades suivants :

- ✚ Stade levée : La somme des températures = 120 °C.
- ✚ Stade tallage : La somme des températures = 450 °C.
- ✚ Stade plein tallage : La somme des températures = 500 °C.
- ✚ Stade épi 1cm : La somme des températures = 600 °C.

b L'eau

Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm en zone aride, c'est de la phase épi 01 cm pendant la floraison où les besoins en eau sont les plus grands. La période critique de l'eau est de 20 jours à 35 jours après la floraison (**Ondo, 2014**).

c La lumière

Le blé dur a des besoins élevés en ensoleillement (**Bennasseur, 2003**). Le blé est adapté aux jours longs, il faut que la durée d'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à

monter dans la tige (**Simon et al., 1989**). Dans les conditions du Maghreb, à partir du mois de mars lorsque les jours deviennent plus longs, les plantes émettent leurs épis (**Boulal et al., 2007**).

L'intensité lumineuse et la ventilation agissent également directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépendent à la fois la résistance du rendement (**Soltner, 2005**).

d Le sol

La plante utilise son système racinaire en croissance comme un ensemble de capteurs souterrains qui servent spatialement de surface d'échange avec le sol, et d'un système qui transporte l'eau jusqu'au collet, à la surface du sol (**Oliosio, 2006**).

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 un risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique). D'un point de vue chimique, le blé dur est sensible à la salinité, un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation, ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines (**Maachi, 2005**). L'installation du blé dur *Triticum durum* Desf dans des terres ressuyant mal le rend plus sensible aux maladies cryptogamiques (**Bennasseur, 2003**).

I.6.2 Exigences culturelles

a Préparation du sol

Le travail du sol vise à le mettre dans un état tel que les plantes trouvent les conditions idéales de développement, et ce, en lui donnant la structure physique la plus adaptée à la culture et en renforçant l'activité biologique du sol (**Aubert, 1977**). Il permet également de contrôler et de réduire les populations de mauvaises herbes (**Viaux, 1999**).

Le blé a besoin d'un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 cm pour les terres patentes ou de 20 à 25 cm pour les autres terres. Le sol doit être légèrement grumeleux et suffisamment tassé en profondeur, et une structure lisse en surface pour permettre un semis régulier et peu profond (**Ouanzar, 2012**). Le sol doit respecter toutes les conditions de germination, de bonne levée, ainsi l'humidité, la ventilation, la température et l'absence d'obstacles (cailloux, mottes). Pour cela, il faut préparer le semis des graines, c'est-à-dire travailler la couche superficielle du sol qui, à son tour, reçoit les graines avec un soin particulier (**Prévost, 1990**).

b Choix des variétés

Le choix diversifié est un choix stratégique qui permet de réduire les coûts de production et, en particulier, de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires (**Viaux, 1999**). Les principaux

critères de sélection des variétés sont : la productivité, la précocité, l'alternance, la résistance au froid, la sensibilité aux grandes maladies ou encore la tolérance aux changements d'eau et le niveau des facteurs de croissance (**Vilain, 1989**). La sélection variétale est également indissociable de la sélection des dates et de la densité de semis, des facteurs qui ont eux-mêmes des conséquences sur le développement des parasites, et des maladies et des adventices (**Viaux, 1999**).

c Semis

La date de semis est un facteur limitant quant au rendement, c'est pourquoi la date exacte de chaque région doit être respectée pour éviter les dommages climatiques. Il peut commencer à partir de fin octobre avec un espacement des rangs de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 03 cm. La dose de semis est variée entre 200 à 225 Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol (**Adil, 2009**).

d Fertilisation

La fertilisation est basée sur le principe que le NPK est restitué au sol par les cultures. Le blé a besoin de chacun de ces trois éléments de base et le rôle de chaque élément dans la plante de blé est le suivant :

Azote (N)

L'azote est l'un des éléments les plus nécessaires à la culture et à la croissance du blé. En fait, c'est une plaque tournante pour la production de biomasses, le rendement et la qualité des produits récoltés. C'est un composant essentiel de la synthèse des protéines et ceci par la formation d'un radical aminé (NH_2) est essentiel pour les liaisons peptidiques (**Mazliak, 1998**). Les besoins de la culture proviennent principalement de l'azote. Pour leur plaisir au mieux, il est conseillé de planter une culture de blé après une précédente de type légumineux parce que les légumineuses laissent organiquement une grande quantité d'azote dans le sol. Dans le cas d'une alimentation unique, si le temps est trop précoce, cela conduit à la formation de tallage, mais il est possible d'engendrer des risques de carences lors de l'arrêt. Dans ce cas, la contribution est mal évaluée. Situé en fin de tallage, il est mieux utilisé. En effet, après minéralisation, l'azote disponible favorise la fermeture et la formation des épis et aboutit à un bon remplissage des grains et à un taux élevé de protéines (**Grignac, 1965**). La meilleure façon de fournir une fertilisation azotée est la technique de division, c'est-à-dire de diviser les besoins totaux de la culture en stades de croissance critiques tels que la levée, le tallage et le début de la floraison.

Phosphore (P)

Le phosphore est un élément essentiel parmi les trois principaux éléments (N, P, K) apportés par les engrais. Il se trouve dans la plante sous forme minérale (**Duthil, 1973**), mais on le trouve plus fréquemment sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (**Gervy, 1970**). Selon le dernier auteur, la teneur en phosphore est sujette à des modifications très importantes ; dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé, dans une moindre mesure de la richesse du sol en P_2O_5 ; Enfin, elle dépend légèrement de la présence d'autres éléments minéraux qui conduisent à des antagonismes avec l'acide phosphorique. Le phosphore a également plusieurs rôles dans la vie végétale. Il est considéré comme l'un des composants de base les plus importants des chromosomes, car il intervient partout où il y a prolifération cellulaire, d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus physicochimiques des plantes (**Lambert, 1979**).

Selon **Moghli (2000)**, le phosphore participe dans :

- ✓ Maturation des grains : des teneurs élevées en phosphore réduisent le temps de maturité et donnent une paille plus solide.
- ✓ Formation des graines nécessite du phosphore : des quantités importantes de phosphore sont stockées dans les semences.
- ✓ Stimulation de la croissance des racines : un apport localisé de phosphore (et nitrate) entraîne une prolifération des racines dans cette zone. Par contre, on a constaté moins de réponse de la racine à des apports localisés de potassium ou d'ammonium.

Potassium (K)

Pour certains minéraux, la quantité dans le sol doit être supérieure à la quantité requise ; En effet il est possible qu'il soit présent dans le sol, mais qu'il ne soit pas disponible pour la plante. Le potassium est retenu principalement par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il peut donc être perdu en grande quantité par lessivage). Le potassium est peu mobile dans la plante, il a un rôle essentiel dans l'absorption des cations et l'accumulation des hydrates de protéines comme il entretient également le gonflement des cellules et régule l'économie hydrique de la plante. Le potassium est considéré comme un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est nécessaire au transfert des substances mimiques vers les organes protégés (grains,

bulbes et tubercules). Les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs aux quantités exportées par les cultures, soit 30 à 50 kg de CO₂ en plus par hectare (**Belaid, 1987**).

e Irrigation

L'irrigation des céréales est la solution pour assurer de meilleurs rendements. Les besoins en eau des céréales dépendent des conditions climatiques, de la nature du sol, mais aussi des phases critiques de carence en eau. En Algérie, la meilleure période d'irrigation se situe généralement pendant la transition de la fermeture au début de la formation des grains. À ce stade, les besoins en eau des grains sont relativement élevés, car la culture est très sensible au stress hydrique (**Belaid, 1986**). Dans les zones semi-arides des hautes terres, une seule irrigation de 80 mm au stade initial s'est avérée suffisante pour obtenir de rendement allant de 70 à 81 % selon les espèces (**Belaid, 1986**).

f Entretien

Les mauvaises herbes concurrencent les céréales pour l'alimentation hydrique et minérale et aussi pour la lumière affectent le rendement. Pour les mauvaises herbes, il existe deux moyens de lutte (**Ouanzar, 2012**).

Lutte mécanique

Les parcelles sont irriguées à partir le début de septembre pour favoriser la germination des graines de mauvaises herbes et de la culture précédente (**Ouanzar, 2012**).

Lutte chimique

Elle se fait à l'aide des désherbants polyvalents (**Ouanzar, 2012**).

I.7 Les facteurs limitant la production du blé dur

La culture du blé est parfois soumise à des contraintes environnementales et à nombreux stress abiotiques et biotiques. Parmi ces stress abiotiques qui limitent le rendement du blé, ils figurent les stress climatiques (gel, températures excessives et sécheresse) ou structuraux (acidité du sol provoquant une intoxication à l'aluminium ou au manganèse) ainsi que les stress biotiques causés par des organismes pathogènes. Les champignons peuvent causer des pertes importantes lorsque les cultivars utilisés sont sensibles et que les conditions environnementales favorisent la propagation des maladies (**EZZahiri, 2001**).

Il existe plusieurs types d'agents pathogènes qui attaquent le blé, à savoir les champignons, les bactéries, les virus et les nématodes. Les principales maladies fongiques prévalentes dans le monde et en Algérie sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Tableau 1: Les principales maladies fongiques du blé (Sayoud *et al.*, 1999).

Nom de la maladie	L'agent causal
Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>
Rouille noire	<i>Puccinia graminis f.sp.tritici</i>
Rouille brune	<i>Puccinia triticina</i>
Oïdium	<i>Erysiphe graminis f.sp.tritici</i>
Tache helminthosporienne	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
Caries	<i>Tilletia caries</i> et <i>Tilletia foetida</i>
Charbon foliaire	<i>Urocystis agropyri</i>
Charbon nu	<i>Ustilago tritici</i>
Pourriture racinaire	<i>Cochliobolus sativus</i>
	<i>Fusarium culmorum</i>
	<i>Fusarium graminearum</i>
	<i>Fusarium avenaceum</i>
Septoriose	<i>Septoria nodorum</i> ou <i>Stagnospora nodorum</i>
	<i>Septoria tritici</i> ou <i>Mycosphaerella graminico</i>

I.8 Importance du blé dur

I.8.1 Importance alimentaire

Le blé est considéré comme la première ressource alimentaire de l'humanité et la principale source de protéines. C'est aussi une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et pour plusieurs applications industrielles. La quasi-totalité de l'alimentation de la population mondiale est assurée par des aliments céréaliers, dont 95 % sont produits par les principales cultures céréalières (Bonjean et Picard, 1991).

I.8.2 Importance économique

A Dans le monde

Le blé dur représente environ 8 % des surfaces mondiales cultivées en blé, dont 70 % sont situées dans les pays du bassin méditerranéen. La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne et

les pays d'Afrique du Nord figurent parmi les principaux producteurs (Monneveux, 2002). L'état de la culture céréalière est lié à l'aménagement des terres, à la production et, par conséquent, aux rendements obtenus. L'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture révisé ses prévisions de production céréalière mondiale pour 2022 à 7922 millions de tonnes, mais reste inférieure de 0,6 % à la production mondiale en 2021 (Fig 10), (F.A.O, 2022).



Figure 10 : Production céréalière, utilisation et stocks (F.A.O, 2022).

Le Conseil International des Céréales (CIG) a réduit de 06 millions de tonnes ses prévisions précédentes concernant la récolte mondiale de céréales pour 2021/2022. La consommation totale de céréales s'élevant désormais à 2295 millions de tonnes. Les stocks mondiaux de céréales étaient estimés à 594 millions de tonnes, soit 03 millions de tonnes de moins que les chiffres communiqués en juin, mais relativement similaires aux niveaux de la campagne 2020/2021.

Concernant le blé, la prévision de la production mondiale a été revue à la baisse d'un million de tonnes (Mt), à 788 millions de tonnes, pour la prochaine campagne 2021/2022. En effet, une fois les sécheresses passées, la production américaine ne sera plus que de 47,5 millions de tonnes, alors que la CIG avait précédemment estimé qu'elle atteindrait 51,1 millions de tonnes ; la production canadienne ne sera finalement que de 28,5 millions de tonnes contre 32,3 millions de tonnes attendues, le département américain de l'Agriculture (USDA) ayant abaissé ses prévisions. Pour 2021/2022, la production mondiale de blé a été corrigée de 02 millions de tonnes pour atteindre 792,4 millions de tonnes, dont 47,52 millions de tonnes aux États-Unis (51,66 millions de tonnes en juin), et 28,5 millions de tonnes en Australie (27 millions de tonnes), et 138,2 millions de tonnes dans l'Union européenne (137,5 millions de tonnes), 85 tonnes métriques en Russie (86 millions de tonnes) et 30 millions de tonnes en Ukraine (29,5 millions de tonnes). Une légère baisse des stocks est attendue en fin de campagne 2020/2021 et logiquement basculée vers ceux de 2021/2022, soit 291,7 millions de tonnes (-5,2 millions de tonnes par rapport à juin). Un nombre qui s'est avéré en deçà des attentes des opérateurs (F.A.O, 2022).

B En Algérie

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans l'alimentation et dans l'économie nationale. Au cours des périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupait en moyenne annuelle 40% de la surface agricole utile. La superficieensemencée en céréales au cours de la décennie 2000-2009 est estimée à environ 3200930 hectares dont le blé dur et l'orge occupant la majeure partie de cette superficie, soit environ 74 % de la superficie totale en céréales.

Au cours de la période 2010-2017, la moyenne de cette superficie s'est élevée à 3385560 hectares, soit une augmentation de 06 % par rapport à la période précédente (2000-2009). Le taux de production céréalière durant la période 2010-2017 est estimée à 41,2 millions de quintaux, soit une augmentation de 26 % par rapport à la décennie 2000-2009 où le taux de production est estimé à 32,6 millions de quintaux.

La production est constituée principalement de blé dur et d'orge, qui représentent respectivement 51 % et 29 % du taux de production céréalière total entre 2010-2017. (M.A.D.R, 2022).

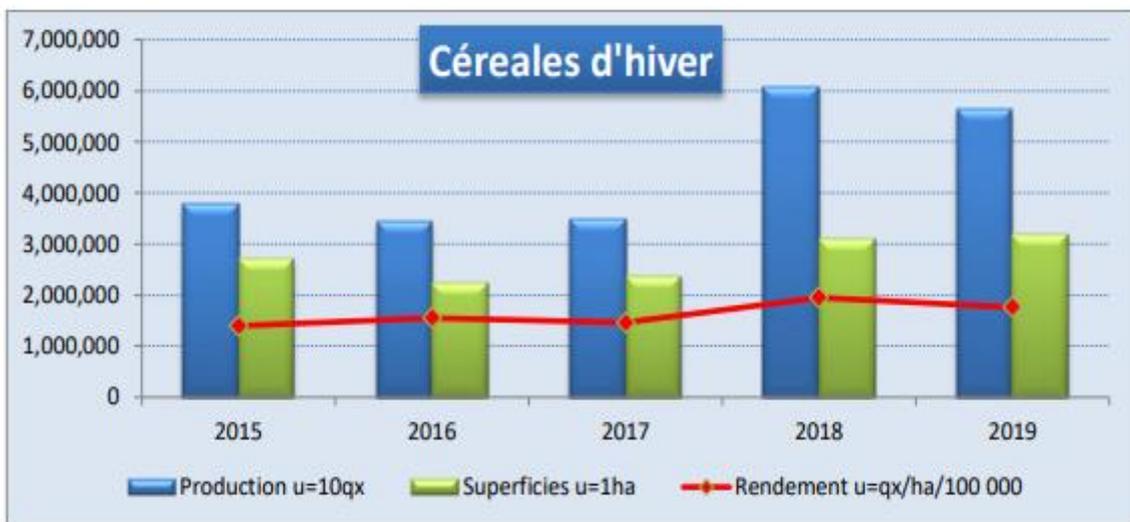


Figure 11 : Statistique agricole superficies et productions du céréales (M.A.D.R, 2022).

II.1 Définition

Le café est la deuxième matière première la plus échangée dans le monde (**Lopez et Scheen, 2008**). Le mot « café » De l'arabe "Qahwa" désigne la cerise du caféier, et comprend le café moulu, le café décaféiné, le café liquide et le café soluble (**J.O.U.E, 2008**).

Le caféier est un arbre à forte exigence en chaleur ; sa culture se limite donc aux pays tropicaux (**Khalid, 2010**). C'est est un petit arbuste à feuilles persistantes appartenant au genre *Coffea*, famille des Rubiaceae qui comprend plus de 80 espèces d'arbres ou d'arbustes. Le caféier peut atteindre une hauteur de 15 mètres (**Kemsley, 1995**).

Il faut attendre 6 à 9 mois pour que le fruit arrive à maturité, la floraison des caféiers dépend de l'altitude, du climat et de la région où ils sont cultivés. Le café pousse à des altitudes au-dessus du niveau de la mer entre 1200 et 3000 pieds, et parfois jusqu'à 6000 pieds. Les arbustes de café, même s'ils étaient de petite taille, sa croissance précoce est rapide et il commence à fructifier jeune, portant peut-être une récolte considérable à quatre ans et en pleine production, cependant, il a été rapporté que les caféiers vivent jusqu'à 200 ans (**Martins et al., 2014**).



Figure 12: Le café

a. Fruit du café, appelé cerise (**Tout sur le cafe, 2019**).

b. Fleur de café au jardin botanique (**jardins de france, 2020**).

c. Anatomie de cerise (**Proyecto del cafe, 2011**).

II.2 Historique

A travers les âges, plusieurs contes et légendes mentionnent le café, il a été découvert en 500 avant JC en Ethiopie, elle était connue sous le nom de "vin arabe". Le mot café tire son

origine de cahveh, qui vient de cahouah, verbe arabe, qui signifie avoir du dégoût de manger, n'avoir point d'appétit (**Auguste, 1864**).

L'histoire du Kaldi est la plus connue de la découverte du caféier berger de chèvres qui a observé que ses chèvres étaient excitées après avoir mangé des baies rouges. Lorsqu'il a goûté ces baies, il a pu rester éveillé (**Chu, 2012**).

Les premiers témoignages de consommation de café se trouvent en Éthiopie chez les peuples Oromo (**Adriana, 2019**), et suivant **Raynal (1780)**, « le caféier est originaire de la haute Ethiopie à l'état sauvage dans la province de Kaffa, d'où il aurait été transporté dans l'Arabie vers la fin du XIV^{ème} siècle » (**Auguste P, 1864**). **Welman, (1961)** a rapporté que la culture des variétés *Arabica* a commencé lorsque le café sauvage est entré au Yémen en 575 après JC, avant de se diriger vers l'est vers l'Inde, puis l'Indonésie, puis l'Europe et enfin vers les Amériques (**Adriana, 2019**). Mais son commerce n'a commencé que lorsque le Yémen a commencé à développer sa production au XVII^{ème} siècle (**Berry, 2002**).

Le café a été importé dès le XVII^{ème} siècle en Europe, exactement en 1615 (**Clifford et Willson, 1985**). Tous les récits s'accordent à dire qu'il a été introduit pour la première fois en Angleterre depuis la Turquie vers 1650 et à Paris en 1669. Il ne semble pas avoir été introduit au Brésil avant 1782, et de là il s'est largement répandu dans tout le monde tropical (**Arthur et Lascelles, 1865**).

II.3 Classification

Le caféier est un arbuste du genre *Coffea* représenté par 120 espèces. (**Mary et al., 2001**). Sa classification botanique est la suivante (**Thorn, 2002**) :

- ✚ **Classe** : Dicotyledoneae.
- ✚ **Sous-classe** : Sympetalae ou Metachlamydeae.
- ✚ **Ordre** : Rubiales.
- ✚ **Famille** : Rubiaceae.
- ✚ **Genre** : Coffea

II.4 Variétés de café

Le café est une boisson extraite du noyau du fruit qui pousse sur le caféier, du genre *Coffea*, Il existe plus de 120 espèces, mais seules deux sont majoritairement consommées : l'Arabica et le Robusta.

II.4.1 Arabica

A pris son nom de l'espèce *Coffea arabica*, c'est un arbuste aux feuilles de forme elliptiques qui ont un pétiole court, persistantes vert brillant et glomérules de fleurs blanches, un fruit rouge vif ou pourpre (Iris, 2019). Le café Arabica a d'abord été utilisé à cause de ses vertus médicinales et stimulantes à l'état sauvage en Ethiopie de la région de Cafa. Il a été cultivé pour la première fois au Yémen, où il a été consommé en tant que boisson. Le café Arabica est autogames avec différents degrés de pollinisation croisée naturelle, Les caféiers Arabica sont tétraploïdes et ont 4*11 chromosomes.

L'Arabica se distingue par sa teneur modérée en caféine (entre 0,8 et 1,5%), cette variété du café représente près de 70% du café produit dans le monde, Pouvant atteindre 06 m de hauteur, cette variété est généralement taillée pour ne pas excéder 3 m. Il a un goût plus délicieux et un prix est 50% plus cher que Robusta (Khalid, 2010), Ses arômes riches sont sensibles à la chaleur et à l'humidité. Le café Arabica est une boisson plus douce, plus fruitée et acidulée (Alonso *et al.*, 2009), Son grain ovale se caractérise par un sillon en « S » au centre et fourni d'une tunique propre, l'embryon que renferment ces coques est très-mince et se dessèche facilement. Arabica est considéré comme le plus noble de tous les caféiers, il est cultivé entre 600 et 2 000 mètres d'altitude à des températures rarement au-dessous de 15 °C dans la zone intertropicale (Amérique du Sud, Amérique Centrale et quelques pays d'Afrique et d'Asie) (Mussatto *et al.*, 2011).

II.4.2 Robusta

Coffea Canephora correspond à celle du café Robusta, tient son nom de sa caractéristique « la robustesse », originaire du Congo où elle a été découverte au XVIII^{ème} siècle, Elle représente environ 25% de la production mondiale. *C.canephora* prospère dans les régions plus chaudes, plus adaptées aux plaines intertropicales (Adriana, 2019), elle est largement répandue dans les régions tropicales, notamment en Amérique centrale et en Amérique du Sud (Brésil et Colombie). Le caféier Robusta est plus facile à cultiver, il peut atteindre une dizaine de mètres et résiste à de conditions météorologiques extérieures et même des insectes. Les caféiers *C.canephora* sont diploïdes et ont 2*11 chromosomes. Robusta a un arôme moins développé, un goût plus amer et plus corsé que l'Arabica car il contient deux fois plus de caféine. Ses feuilles nervurées vert foncé brillant, des fleurs blanches striées de brun et un fruit ovale rouge/brun plus petit que chez *Coffea arabica* (Makoto, 2019).

Le café Robusta a été caractérisé comme un café neutre, à saveur faible et parfois avec une amertume forte et prononcée (Alonso *et al.*, 2009). *Coffea canephora* est considérée comme plus acide mais plus résistante aux fléaux, et fournit 25% de la production mondiale (Mussatto *et al.*, 2011). Les grains de *C.canephora* sont généralement de couleur brune claire, de forme arrondie, plus petits, plus ronds avec une coupe centrale plus serrée que ceux de *C. arabica*.



Figure 13 : Graines des deux principales variétés du café ; Arabica et Robusta. (tokopedia, 2019).

Tableau 2 : Les principales différences entre arabica et robusta (Franca et Oliveira, 2019 ; Hečimović *et al.*, 2011).

Paramètres	Arabica	Robusta
Nom botanique	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Date de description de l'espèce	1753	1895
Altitude de culture	1000 à 2000 m	0 à 700 m
Température	15 à 24 °C	20 à 30 °C
Pluviométrie	1500 à 2000 mm	2000 à 3000 mm
Forme	Plate	Ovale
Délai de floraison-récolte	9 mois	10 à 11 mois
Teneur en caféine	0,8 à 1,4%	1,7 à 4 %
Première floraison	4-5 ans	2-3 ans
Goût	Acide	Amer

II.5 Culture et récolte du café

II.5.1 La culture du café

La région préférée du café est la région le long de l'équateur "ceinture du café". L'Arabica pousse à haute altitude où le sol est riche en minéraux et nécessite plus de soins et des températures plus stables. Robusta est une espèce plus forte et plus adaptable qui pousse dans des climats plus chauds à des altitudes plus basses. Les graines de café sont transportées à la pépinière pour la production de semis, l'exocarpe et le mésocarpe sont retirés et l'endocarpe reste intact, les graines sont séchées au soleil puis à l'ombre jusqu'à ce que l'humidité atteigne 14 % et soient prêtes pour la plantation dans des propres conteneurs de la composé de terre avec de la matière organique et des engrais. La racicule de la graine dépasse et pousse vers les bas 30 à 45 jours et l'émergence de la plantule soit après 60 à 90 jours. Lorsque la plantule commence à émerger du sol, le crochet de l'hypocotyle pousse et tire les cotylédons hors du sol. Après l'apparition des feuilles cotylédonaires, les vraie feuilles émergent du centre et les bourgeons se développent en d'autres tiges orthotropes ; donc, des nouvelles branches plagiotropes se forment (**Adriana, 2019**).

Les plants de café poussent dans des pépinières ombragées et dans des conditions spécifiques pour devenir plus forts et plus sains jusqu'à ce qu'ils soient adaptés à la culture au sol après avoir passé jusqu'à 15 mois dans les pépinières. Il est préférable de les planter pendant la saison des pluies afin que le sol reste dans un état humide avec les racines bien enracinées pour commencer à produire des cerises de café après 04 à 05 ans (**Adriana, 2019**).

II.5.2 La récolte du café

Le café est récolté, à différents moments de sa maturité qui varie avec la température. La récolte a lieu lorsque les cerises de café sont mûres, selon deux méthodes, la cueillette sélective manuelle ou la cueillette : cela se fait à la main en cueillant les fruits mûrs, les producteurs expérimentés cueillent les cerises bien mûres, rouge vif ou orange, selon la variété, et permettent d'autres cerises immatures pour compléter leur cycle pour une récolte future, résultant en une récolte de haute qualité malgré la longue période de récolte (**Chevallier, 1862**).

II.6 Production mondiale de café

a Les principaux pays producteurs de café

Selon l'Organisation Internationale du Café (OIC), en 2016, les principaux pays producteurs de café étaient le Brésil (3,30 millions de tonnes), le Vietnam (1,53 million de tonnes), la Colombie (0,87 million de tonnes), l'Indonésie (0,69 million de tonnes), le Honduras (0,46 million de tonnes) et l'Éthiopie (0,43 million de tonnes) (Fig 14) (Franca et Oliveira, 2019).

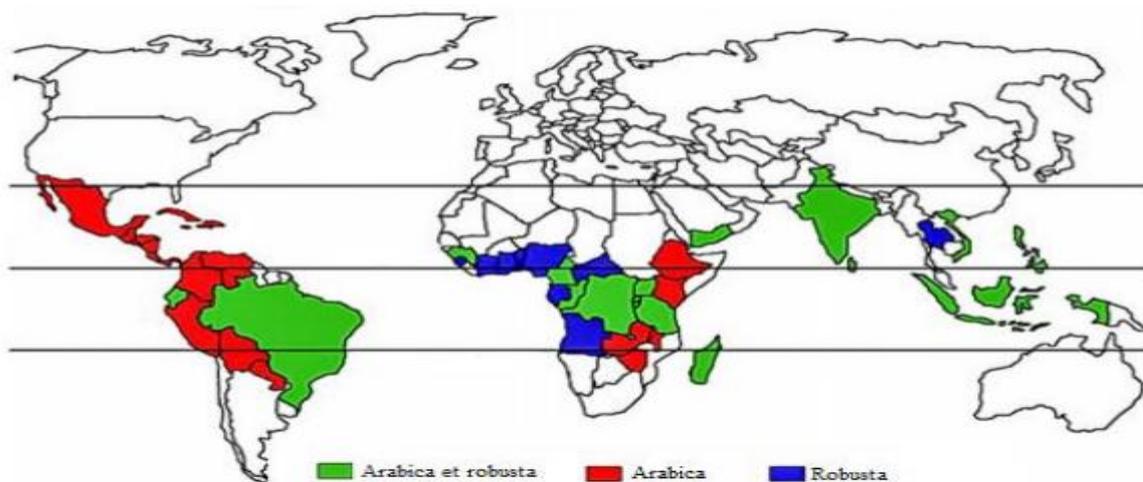


Figure14 :Les pays producteurs du café (Franca et Oliveira, 2019).

b Les principaux pays consommateurs de café

Ils sont cités dans la figure 15 comme suivant :

Importing countries (Coffee years: October - September)	103 856	107 783	108 665	112 469	2.7%
European Union	42 524	43 076	42 567	43 967	1.1%
USA	23 743	25 336	25 775	26 112	3.2%
Japan	7 594	7 790	7 913	7 750	0.7%
Russian Federation	3 846	4 303	4 638	4 324	4.0%
Canada	3 902	3 526	3 622	3 869	-0.3%
South Korea	2 158	2 282	2 223	2 258	1.5%
Algeria	1 963	2 161	2 316	2 515	8.6%
Australia	1 713	1 720	1 847	1 919	3.8%
Saudi Arabia	1 566	1 405	1 430	1 369	-4.4%
Turkey	1 078	1 106	1 378	1 565	13.2%
Ukraine	1 106	1 124	1 120	1 127	0.6%

Figure15 :Les principaux pays consommateurs de café (O.I.C, 2019).

c Production mondiale

Après le pétrole, le café est la matière première la plus échangée au monde. Ce commerce est un symbole de la mondialisation car sa production s'effectue exclusivement au sud, mais sa transformation et sa commercialisation sont largement dominées par les pays du Nord.

Tous les pays producteurs sont situés dans le sud. L'Amérique latine domine le marché avec 70 % de la production mondiale, suivie de l'Asie (20 %) et de l'Afrique (10%). La production de café dans le monde ne cesse d'augmenter depuis les années 2000 et dépasse les 150 millions de sacs annuels, soit plus de 09 millions de tonnes (en fait, la grande majorité des emballages se fait en sacs de 60 kg).

✓ Les exportations mondiales de café se sont élevées à 11.11 millions de sacs en juin 2022 par rapport aux 10.97 millions de sacs exportés en juin 2021.

✓ Les exportations des neuf premiers mois de l'année caféière 2021/2022 (d'Octobre 21 à Juin 22) ont augmenté de 0.5% pour s'établir à 98.77 millions de sacs par rapport à 98.32 millions de sacs pendant la période correspondante en 2020/2021.

✓ Fin juin 2022, les exportations d'Arabica au cours des 12 mois écoulés s'élevaient à 80.78 millions de sacs par rapport aux 82.59 millions de sacs exportés l'année dernière. Les exportations de Robusta se sont quant à elles établies à 49.20 millions de sacs par rapport aux 46.94 millions de sacs de l'année dernière. (O.I.C, 2022).

II.7 Composition

Une boisson au café contient plus de 1000 ingrédients. La richesse des composés dépend de l'espèce, du cultivar (Arabica et Robusta), du mode de culture, de la maturité des baies, des méthodes de torréfaction et de préparation.

La caféine est le composé le plus célèbre du café, et cette boisson contient également de nombreuses autres substances actives telles que des antioxydants, des vitamines, des minéraux, des oligo-éléments, des polyphénols... etc. (Silabdi, 2010).

II.7.1 La caféine

C'est le principal composant vital du café. On le retrouve aussi bien dans le café que dans le thé (théine), le soda, le cacao, le chocolat, les boissons énergisantes... etc. Son goût est plutôt amer, mais il ne représente que 10% de l'amertume totale du café (Perez-Jimenez *et al.*, 2011).

II.7.2 La trigonelline

La trigonelline est un composé amer du café, mais lors de la torréfaction il peut y avoir une perte de 85% de trigonelline selon le degré de torréfaction (la chaleur de torréfaction). Plus la torréfaction est rapide, plus elle produit de trigonelline (**Allred *et al.*, 2009**).

II.7.3 Les polyphénols

Le café est la première source alimentaire de polyphénols (36,9 %), devant le thé (33,6 %), le chocolat (10,4 %) et les fruits et légumes (7,4 %). La concentration de polyphénols dans le café est inversement proportionnelle au degré de torréfaction ; elle varie de 200 à 550 mg de polyphénols par tasse. Les polyphénols formés lors de la torréfaction jouent un rôle dans les qualités organoleptiques du café, donnant à la boisson un goût acidulé (**Sacchetti *et al.*, 2009**).

II.7.4 Les acides chlorogéniques

Les acides chlorogéniques (CGA) contribuent à la fermeté, à l'amertume et à l'acidité du café, ils sont les précurseurs des composés phénoliques et des catéchols qui se forment pendant la torréfaction et peuvent donner au café un goût désagréable (**Fischer *et al.*, 2001**).

II.7.5 Le cafestol et le kahweol

Les diterpènes, Cowell (K), Cafestol (C) et d'autres molécules antioxydantes du café se trouvent en grande quantité dans les grains de café. Ils représentent environ 20% de la teneur en matières grasses du café. Le cafestol est plus abondant que l'alcool car il est moins sensible à la chaleur, à la lumière, à l'oxygène et aux acides (**Delgado-Andrade *et al.*, 2005**).

II.7.6 Les fibres

Ce sont des polysaccharides de haut poids moléculaire. Ils jouent un rôle important dans la viscosité du café. Dans les grains de café, il existe trois types de sucres :

- ✓ **La cellulose** : polymère constitué de molécules de glucose reliées par des liaisons β (1-4).
- ✓ **L'arabinogalactane de type II** : polymère d'arabinose et de galactose (ratio 0,4/1).
- ✓ **Le galactomannane** : polymère constitué de molécules de mannose reliées par des liaisons β (1-4) (**Zampelas *et al.*, 2016**).

II.7.7 Les autres constituants**a Les glucides**

Les glucides (monosaccharides, disaccharides, oligosaccharides et les polysaccharides) sont la classe principale du café vert (parfois plus de 50 % de la MS).

b Les protéines, les peptides et les acides aminées

Il contribue au goût et à l'arôme du café car il participe également à la réaction de Maillard. Ainsi les mélanoidines, après condensation des polysaccharides aldéhydes et acides aminés, possèdent un léger pouvoir antioxydant. En tant que source de protéines, le café est inutilisable car il ne contient pas d'acides aminés essentiels. (Mennen *et al.*, 2007).

c Les minéraux

Le minéral principal du café est le potassium (40%), suivi du phosphore. Il y a environ encore 30 autres minéraux dont le sodium, le magnésium, le calcium et le soufre, mais aussi des traces de zinc, de strontium, de silicium, de manganèse, de fer, de cuivre, de baryum, de bore et d'aluminium. Le profil minéral varie en fonction de la provenance du café et il est une sorte d'empreinte digitale (Manach *et al.*, 2005).

d Les lipides

La teneur en matières grasses du café ne change que légèrement lors de la torréfaction. Elle est constituée de triglycérides (75%), d'esters d'alcools diterpéniques et d'acides gras (18,5%), d'esters de stérols et d'acides gras (3,2%), de stérols (2,2%), d'alcools diterpéniques (cafestol et kahweol) avec (0,4%), de tocophérols et d'autres produits mineurs (0,7%). La plupart des acides gras disponibles sont polyinsaturés et donc bénéfiques pour la santé. (Huet, 2007).

e Les vitamines

Une tasse de café contient 400 à 1200 mg de vitamine B3, en moyenne 2 mg de vitamine B2, 80 mg de B5 et 0,6 mg de B6. Les vitamines B1 et C se dégradent lors de la torréfaction (Nehlig, 2014).

II.8 Différents traitements producteurs du café**II.8.1 Traitements des cerises de café**

Le traitement du café commence par la conversion des cerises de café en grains de café vert et commence par l'élimination de la pulpe et de la coque en utilisant une méthode humide ou sèche (Mussato *et al.*, 2011).

a Méthode humide (café lavé)

C'est une méthode souvent utilisée lorsque la récolte se fait par cueillette car elle nécessite des fruits d'égale maturité. Peu de temps après la récolte, dans lequel le fruit (ressemblant à une cerise) est séparé du grain avec autant d'eau que possible sous une pression intense jusqu'à ce que les grains de café soient séparés de l'enveloppe, ou bien la pulpe de cerise est lavée (mécaniquement) des cerises. Ensuite, les grains de café sont roulés dans un gel appelé "mucilage", les fèves sont ensuite laissées à fermenter dans des cuves d'eau pendant 12 à 48 heures, selon la température ambiante, l'altitude et l'humidité ; les fèves sont à nouveau lavées et séchées. Le café est ensuite stocké pendant plusieurs semaines, afin qu'il continue à développer ses arômes. Enfin, les grains sont épluchés pour enlever le parenchyme (la peau entourant le grain de café).

b Méthode sèche (café non lavé)

C'est une méthode traditionnelle utilisée depuis des siècles, Dans cette méthode, les grains mûris tombent sur des toiles étendus au pied des arbres, et séchés au soleil pendant 15 à 20 jours sur des nattes de jonc. Le tubage est brisés par un cylindre de pierre ou de bois ; Les grains sont séparés, vannés, nettoyés et soumis à un séchage supplémentaire (Auguste, 1864).

Elle est basé sur la dessiccation du fruit ; après cette dessiccation, la pulpe et la seconde enveloppe étant friables, on laisse mûrir les fruits sur l'arbre jusqu'à ce qu'ils puissent arriver spontanément à la dessiccation, séparant ensuite les grains de la pulpe desséchée, le café ainsi obtenu serait celui qui fournirait le plus d'arôme lors de sa torréfaction (Chevalier *et al.*, 1862). Le traitement naturel est rentable car il nécessite une seule condition qui est la

présence d'un ensoleillement suffisant pendant cette période pour un séchage réussi (Youssef, 2022). Les grandes exploitations sèchent leur café avec un séchoir industriel pour traiter les grandes quantités rapidement. C'est le traitement qui tous les cafés Robusta et certains cafés Arabica subissent (Michelle *et al.*, 2003).

II.8.2 La torréfaction

Selon Haler, (2013), le café subit des modifications chimiques qui lui donnent la saveur et l'arôme en fonction du degré de torréfaction et du degré de couleur requis, la teneur en eau varie en fonction de la matière première et du niveau de torréfaction grâce à traitement thermique. Il existe trois principaux degrés de torréfaction du café : légère, moyenne et corsée.

a Torréfaction légère

Pour atteindre le degré de cette torréfaction, la température de torréfaction doit être comprise entre 180 et 210 °C, et à partir de là, et il sera une couleur plutôt brun pâle et généralement une acidité plus prononcée avec un pourcentage plus élevé de caféine.

b Torréfaction moyenne

Avec une température entre 210 à 230°C, il a un bon équilibre entre l'amertume et l'acidité, il est brun moyen et contient moins de caféine que les torréfactions légères.

c Torréfaction corsée

La température varie de 230 à 250 °C. Son café se caractérise par une texture sombre et un arôme qui contient des traces de brûlure, il a une couleur presque noire et ainsi qu'à la richesse de la caramélisation complète, ce type contient moins de caféine que les autres.

Il existe deux méthodes de torréfaction du café :

Torréfaction traditionnelle

Les grains sont placés dans une grille cylindrique munie d'un tonneau et chauffée par le bas à une température de 180 à 220 °C où le café commence à perdre de son humidité, ensuite la décomposition pyrogène et l'apparition des huiles aromatiques, finalement les grains sont refroidis à l'air libre ou par brassage d'air. Le mouvement de rotation permet aux grains de rester en mouvement pour ne pas brûler et être torréfiés de façon uniforme. Plus le refroidissement est rapide, plus le refroidissement est efficace, le bon équilibre entre la

température et le temps de torréfaction garantit que les grains sont entièrement cuits et ont des saveurs exceptionnelles.

✚ Torréfaction du café éclair ou flash

Cette méthode, beaucoup moins soignée, permet de torréfier plusieurs tonnes par heure en très peu de temps, mais il ne respecte pas les arômes et les grains risquent d'être brûlés à l'extérieur et pas forcément bien cuits à l'intérieur, elle est utilisée principalement dans les grandes usines où les grains de café sont pulvérisés avec de l'air à 700 °C. L'eau est pulvérisée à l'intérieur du torréfacteur et vidée pour être refroidie par un courant d'air, le grain est envoyé dans des bacs de stockage, où il repose pendant au moins 08 heures pour s'équilibrer, en libérant de grandes quantités de dioxyde de carbone, avant d'être envoyé à un broyeur pour être broyé et emballé (Michelle *et al.*, 2003).



Figure16 :Aspect de grains de café au cours de la torréfaction à différents degrés (Michelle *et al.*, 2003).

II.8.3 Mouture des graines

C'est le processus dans lequel les grains de café sont introduits dans le broyeur pour obtenir une poudre, qui est la dernière étape avant qu'ils soient cuits et deviennent une boisson. Pour préserver la riche saveur et la texture du café, il doit être conservé dans un récipient propre à l'abri de la chaleur, de l'air, de l'humidité et stocké à l'écart des parfums, des épices et de l'encens afin de ne pas altérer son arôme et son goût plus tard. Il est préférable de le consommer seulement deux jours après l'avoir broyé pour le garder frais ; la finesse de la mouture est importante pour la qualité de la boisson, il est préférable d'utiliser une mouture fine car il a la plus grande surface par rapport aux autres mesures et donne à l'eau le temps de traiter les composés solubles contrairement au broyage grossier. Plus le temps de trempage du café à l'eau est long, plus il est fort sa force (Michelle *et al.*, 2003).

La mouture ultra-fine a un aspect poudreux, ce type de mouture est destiné aux cafetières orientales. Le broyage fin est comme le sel fin, il doit être étanche et appliqué à haute pression. La mouture moyenne-fine, comparable au sucre en poudre, est idéale pour les cafetières à filtre et les cafetières (Michelle *et al.*, 2003).

II.9 Effets bénéfiques du café sur la santé

Plusieurs études ont mis en évidence les effets bénéfiques de la consommation de café sur la santé, notamment son activité antioxydante, anticancéreuse et antimutagène (**Michelle et al., 2003**).

L'une des boissons les plus riches en antioxydants

Outre les fruits, les légumes, le cacao et le thé, le café est l'une des principales sources d'antioxydants dans notre alimentation. Les antioxydants sont les éléments dont le rôle est de lutter contre le vieillissement cellulaire en neutralisant les radicaux libres (**Barel, 2008**). Certains antioxydants ne seront pas utiles pour prévenir le risque de développer certaines maladies ou cancers :

❖ **Maladie de Parkinson**

Plusieurs études montrent que la consommation de café est associée à un risque réduit de maladie de Parkinson (**Barel, 2008**).

❖ **Maladies cardio-vasculaires**

Malgré de nombreuses études, il est encore difficile de déterminer si le café est bénéfique ou nocif (**Barel, 2008**).

❖ **Diabète de type 2**

Le risque de développer un diabète de type II est réduit de 35 % en buvant six tasses de café par jour (**Barel, 2008**).

❖ **Cancer**

La consommation de café est associée à un risque réduit de certains types de cancer : cancer colorectal, cancer de l'estomac et cancer du sein (**Barel, 2008**).

II.10 Effets du café sur la santé

Plusieurs études sur la boisson du café, ou récemment le café instantané, ont montré une relation raisonnable entre la consommation de café et ses effets néfastes sur la santé humaine, même si ceux-ci ne sont qu'hypothétiques car ces études ont été menées in vitro (dans des cultures cellulaires) ou des tests in vivo (principalement chez les rongeurs) ; et à ce titre, il reste difficilement extrapolable à l'homme dans l'état actuel des connaissances (**Michelle et al., 2003**).

a Activité ciable du café sur la santé

Plusieurs études épidémiologiques ont montré une relation causale entre la consommation de café bouilli et l'augmentation de la teneur en cholestérol du plasma sanguin (**Pietinen *et al.*, 1990**). Les études menées ont montré que cet effet est lié à la présence de deux diterpènes cafestol et kahweol dans le boisson (**Urgert et Katan, 1997 ; Ratnayake *et al.*, 1995**).

b Activité mutagène

Il est possible qu'il y ait une relation entre la consommation de café et le cancer de la vessie, sans le prouver clairement car les études sont encore contradictoires (**Woolcoot *et al.*, 2002 ; Tavani et La Vecchia, 2000**). Il existe toujours la possibilité d'une association entre la consommation de café et le cancer du pancréas, même si des études récentes ne montrent aucun lien entre le café et ce type de cancer. (**Michaud *et al.*, 2001**).

c Au trie effets préjudiciables possibles

La consommation de café entraîne une augmentation de la pression artérielle, liée à la caféine présente (**Higdon et Frei, 2006**).

PARTIE PRATIQUE

III.1 Objectif de l'étude

Le but de ce travail est d'étudier l'effet du **marc de café** (déchet de café) sur la germination des grains d'une part et la croissance d'autre part du blé dur variété Boussalem.

III.2 Localisation géographique du site expérimental

L'étude a été réalisée au niveau de la faculté des sciences la nature et de la vie de l'université de Ziane Achour de Djelfa. Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques suivantes :

- ✚ **Latitude** : 34°39'15.0" Nord.
- ✚ **Longitude** : 3°17'01.0" Est.
- ✚ **Altitude par rapport au niveau de la mer** : 1182 m.

Le climat se caractérise par un hiver froid rigoureux avec un été chaud et sec. La pluviométrie est faible. Cette zone des hauts-plateaux se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride.



Figure 17 : Le site de l'étude (Google Earth, 2022).

III.3 Matériel végétal

III.3.1 Blé dur *Triticum turgidum L. subsp. durum* Desf.)

La variété utilisée dans notre expérience est la variété **Boussalem**. C'est une variété d'origine ICARDA-CIMMYT, qui vient de connaître un début d'adoption dans les régions de Tiaret et Sétif.



Figure 18 : Semences de blé dur variétés Boussalem (photo personnelle).

III.3.2 Marc de café

On a choisi **le marc de café** (déchets de café après utilisation) pour connaître l'effet de ce produit sur la croissance du blé dur. Dans notre expérience, nous avons utilisé un mélange de marc de café Arabica et Robusta.

La cause de notre choix est que le marc de café convient aux plantes, il est efficace pour fertiliser le sol, il est un excellent engrais naturel et peut également être utilisé comme terreau pour les semis, il a une teneur élevée en phosphore, azote et potassium. Ainsi, c'est un bon allié pour les plantes. Il améliore la floraison des plantes et la qualité du sol, fournit des éléments nutritifs et peut également être utilisé comme semence. C'est un excellent répulsif contre les nuisibles, sans les tuer, car il ne contient pas assez de caféine pour être toxique. (MONJARDIN, 2021)



Figure 19 : Le marc du café.

III.4 Test de la capacité germinative des sains utilisés

Avant utilisation, les graines sont mises en germination dans des boîtes de pétrie. Elles sont incubées durant quelques jours dans l'obscurité et à température ambiante ; et juste après l'émergence de la radicule les plantules sont repiquées.

III.5.1 Préparation

Dans notre étude, on a utilisé un sol provenant de l'université de Ziane Achour Djelfa. Le sol est tamisé préalablement par un tamis à maille de 02 mm et mélangé avec le terreau industriel à raison de 2V/1V respectivement.

III.5.2 pH du sol

Le pH du sol a été mesuré dans une suspension de sol/ eau : 50g du sol ont été mélangés avec de l'eau distillée (50ml) avec les proportions 2:5 sol/eau et mesuré par le pH-mètre (Grewelling et Pech, 1960).

III.5.3 Doses de fertilisation

Dans notre expérience nous avons utilisé des différentes doses de marc de café a été mélangé avec le sol selon les doses **Témoin 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%**.

Le sol dosé est mis dans des pots (sachets) pour commencer la germination et la croissance du blé dur.

III.6 Germination

Dans le but de déterminer les effets du marc de café sur la germination des graines de blé dur *Triticum durum* Desf, un essai de germination a été effectué sous les différentes concentrations citées.

Les graines, au nombre de **40**, sont lavées à l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes de pétri de 10 cm de diamètre remplies par le sol dosé par les différentes concentrations (10 graines dans chaque boîte). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une température de 25 °C et une humidité relative importante pendant un jour.

Au cours de cet essai, **les paramètres étudiés** sont :

III.6.1 Taux de germination final

Le taux de germination constitue le meilleur moyen de déterminer une concentration représentative de la limite physiologique de germination des graines. Il s'exprime sous la forme d'un rapport de graines germées sur nombre total de graines (**Mazliak, 1982**).

$$G = (g / Ng) \times 100$$

- **G** : Taux de germination (%)
- **g** : Nombre de graines germées
- **Ng** : Nombre de graines mises à germer

III.6.2 Cinétique de germination

Ce paramètre permet de mieux comprendre la signification écologique du comportement de germination des graines étudiées ainsi que tous les événements commençant la période critique d'absorption des graines et se terminant par l'allongement de l'axe embryonnaire et l'émergence radiale à travers les structures entourant l'embryon. Le nombre de graines qui ont germé a été enregistré à journalièrement après le début de l'expérience (**Lang, 1965**).

III.6.3 Vitesse de germination

Utilisé pour exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de graines, la vitesse de germination est estimée comme un temps moyen (t_{50}) qui correspond à la germination de **50%** du lot de graines (**Lange, 1965**).

III.6.4 Moyenne journalière de germination (MDG = Mean Daily Germination)

Elle correspond le pourcentage de germination final sur le nombre de jours (dernier jour de germination) (**Osborne et al., 1993**).

$$MDG (\%) = G / JGF$$

- **MDG (%)** : Moyenne journalière de germination
- **G (%)** : Taux de germination
- **JGF** : Nombre de jours à la germination finale

III.7 Etude de la croissance**III.7.1 Conduite de l'expérience****a) Semis**

Les graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sont mises à germer directement dans les pots (à raison de 04 graines par pot) pour assurer. Les mauvaises herbes qui avaient germé dans les pots ont été retirées immédiatement après leur émergence afin que leur présence n'affecte pas la croissance des plantes. Durant toute la période de l'expérimentation, une observation visuelle (de la croissance, décoloration, jaunissement, nécroses...) a été faite.

b) Arrosage

L'irrigation est entreprise régulièrement 02 fois par semaine, par l'eau de robinet (puits).

c) Récolte

La récolte des plantes a lieu au bout de 92 jours pour le blé dur *Triticum durum* Desf. Les racines sont lavées soigneusement, les parties (aérienne et racinaire) ont été séparées pour mesurer les paramètres choisis.

d) Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental de blé dur adopté est en randomisation avec l'utilisation de 04 répétitions (**figure 20**).

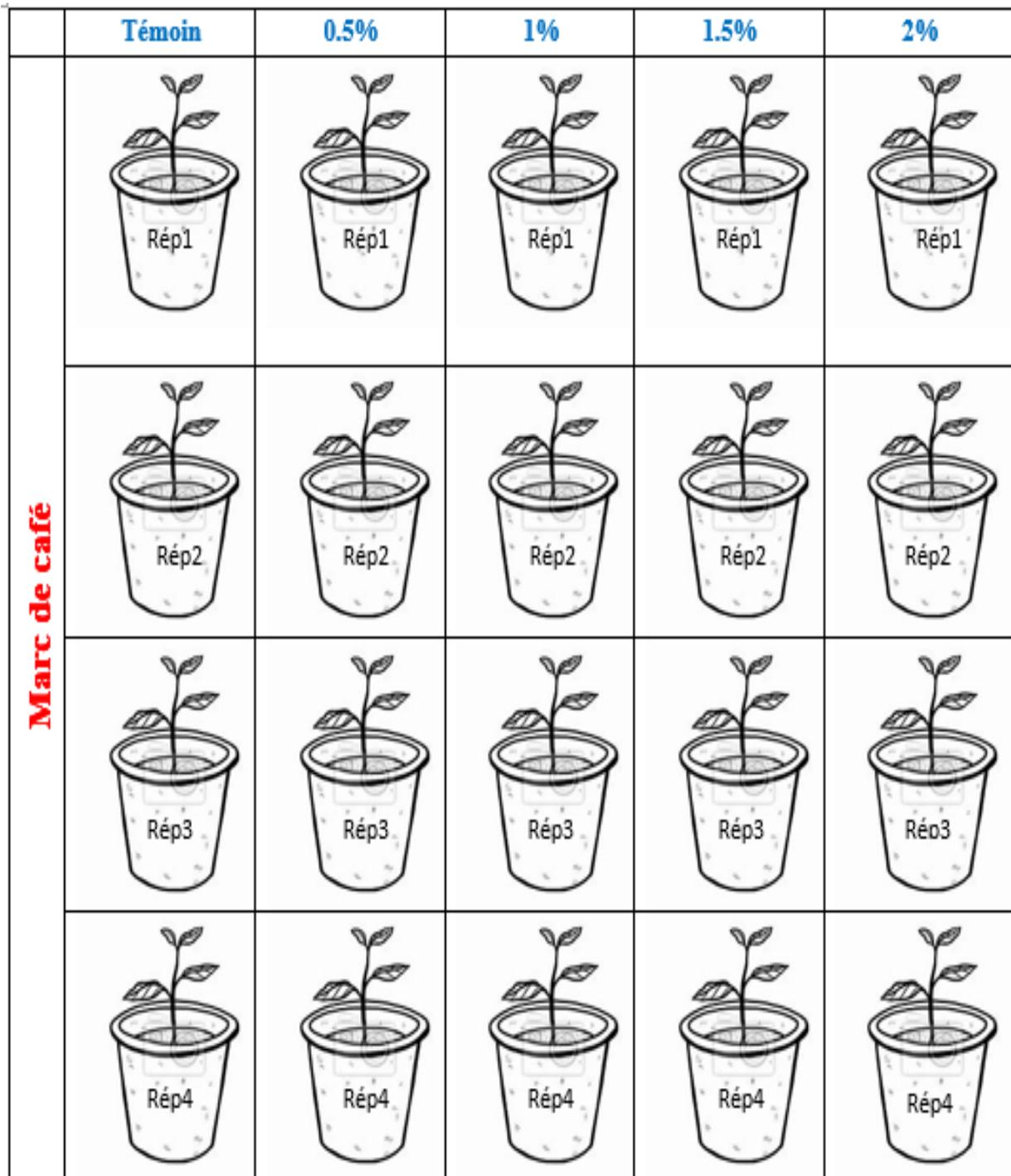


Figure 20 : Dispositif expérimental de l'essai.

III.8 Paramètres étudiés

Le calcul des paramètres a été effectué depuis la deuxième semaine du semis.

III.8.1 Paramètres morphologiques et biométriques

L'effet du marc de café sur les plantes étudiées a été démontré par l'évaluation des paramètres suivants :

A) Cinétique de longueur

La longueur des plantes a été effectuée, par centimètre (cm), chaque 07 jour depuis la première semaine, jusqu'à ce que la plante cesse de pousser.

B) Cinétique de nombre de feuilles

Le nombre de feuilles est compté tous les 07 jours à partir de la première semaine de plantation jusqu'à ce que le nombre cesse d'augmenter.

C) Surface foliaire

Les feuilles sont choisies au hasard pour chaque plante afin de déterminer la surface de la feuille selon la formule décrite par **Bezzala, (2005)** comme suivant :

$$S_F = (\pi \times a \times b) / 4$$

- S_F : surface foliaire (cm²)
- π : 3,14
- a : la longueur de limbe en (cm)
- b : la largeur de limbe en (cm).

Ainsi, la surface foliaire totale (**SFT**) en cm², est déduite selon la formule suivante :

$$SFT = S_F \times N$$

- **SFT** : surface foliaire totale (cm²)
- S_F : surface foliaire en (cm²)
- **N** : nombre moyen des feuilles par plante

D) Longueur des parties aérienne, racinaire et totale

A la fin de l'expérience, la hauteur des tiges et des racines de chaque plante est mesurée après traitement et exprimée à l'aide d'une règle graduée.

E) Matière sèche (MS)

La matière sèche (MS) a été évaluée selon **Afnor, (1982)** par la formule suivante :

$$MS (\%) = (P_S / P_F) \times 100$$

- **MS (%)** : Pourcentage de matière sèche
- **P_S** : Poids sec
- **P_F** : Poids frais

III.8.2 Paramètres hydriques

A) Teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC)

Le pourcentage de l'eau dans la feuille détermine la teneur relative en eau (**RWC**) (**Barrs et Weatherley, 1962 ; Scippa et al., 2004**).

La teneur relative en eau (**RWC**) est calculée selon la formule de **Clarke et Mc-caig, 1982**.

$$RWC (\%) = [(P_F - P_S) / (P_T - P_S)] \times 100$$

- **P_F** : Poids Frais (g)
- **P_T** : Poids en Turgescence (g)
- **P_S** : Poids Sec (g)

B) Taux de déperdition d'eau (Relative Water Loss) RWL

Au cours du processus de transpiration, la perte d'eau (RWL) est évaluée selon la méthode de **Clarke et al., 1989**, et les valeurs des pertes sont déterminées par la formule **Monneveux, 1991**.

$$RWL_{30} = [(P_I - P_{30 \text{ min}}) / P_S] \times [1 / (S_F \times 30_{\text{min}})]$$

$$RWL_{60} = [(P_I - P_{60 \text{ min}}) / P_S] \times [1 / (S_F \times 60_{\text{min}})]$$

$$RWL_{120} = [(P_I - P_{120 \text{ min}}) / P_S] \times [1 / (S_F \times 120_{\text{min}})]$$

- **RWL** : exprimée en g / (cm² x min)
- **P_I** : poids de turgescence en g
- **P_{30 min}** : poids après 30 min (g)

- **P_{60 min}** : poids après 60 min (g)
- **P_{120 min}** : poids après 120 min (g)
- **P_S** : poids sec (g)
- **S_F** : surface foliaire (cm²)

C) Déficit hydrique de saturation (DHS)

Selon **Gabriel, 2008**. Le déficit hydrique est déterminé par la formule suivante :

$$\text{DHS (\%)} = [(\text{ME}_S - \text{ME}_A) / \text{ME}_S] \times 100$$

- **DHS (%)** : Déficit hydrique de saturation
- **ME_S** : Masse d'eau à saturation
- **ME_A** : Masse d'eau actuelle dans les tissus

III.9 Analyses statistiques

Les analyses statistiques basées sur les tests de comparaison des moyennes, en utilisant 03 répétitions pour chaque dose, ont été appliquées à l'aide d'un logiciel PSPP.

Dans les conditions de notre expérimentation, la réaction de blé dur vis-à-vis au marc du café s'est faite par des modifications adaptatives desquelles nous retenons les éléments suivants :

IV.1 Germination

IV.1.1 Effet du marc de café sur le taux de germination

Les résultats illustrés dans la figure 21 montrent que, le taux de germination est élevé et atteint $90 \pm 10.00\%$ pour la dose 2%, $90 \pm 00.00\%$ pour la dose 1.5% et $86.67 \pm 5.77\%$ pour la dose 1% par rapport au témoin qui a enregistré une valeur de $83.33 \pm 11.55\%$. Par contre, la dose 0.5% a enregistré une diminution de 3,33% dans la capacité germinative par rapport à la dose 0% où le taux est de $80 \pm 00.00\%$.

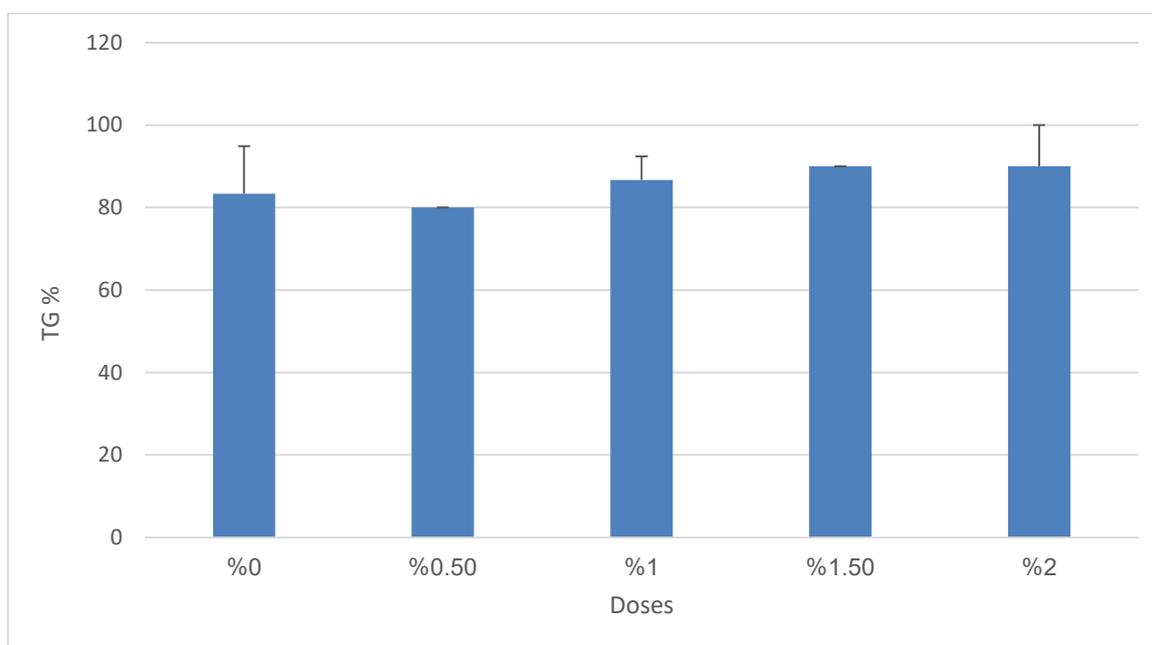


Figure 21 : Effet des différentes doses de marc du café sur le taux de germination des grains de *T. durum* var. Boussalem pendant 08 jours.

L'analyse statistique montre qu'il y a un effet significatif entre les doses du marc de café sur le taux de germination des graines de blé.

IV.1.2 Effet du marc de café sur la cinétique de germination du blé

D'après les résultats de la figure 22, l'effet des concentrations du marc de café est significatif après le 3^{ème} jour avec la germination de 12 graines dans la dose 2%, 08 graine dans la dose 1%, 07 graines dans la dose 1.5%, 03 graine dans la dose 0.5% et juste 02 graines dans le témoin. Après le 04^{ème} jour, le nombre des graines germées augmente dans les toutes les doses, ce qui donne un effet significatif dans ce jours aussi.

Cette augmentation reste évaluer jusqu'au 7^{ème} jour où elle a atteint 23, 26, 27, graines germées par rapport au témoin qui enregistre 25 graines. Après ce jour, le nombre de graines germées reste stable sauf que dans la dose 0,5% où il enregistre une graine germée plus, avec un nombre total de 24.

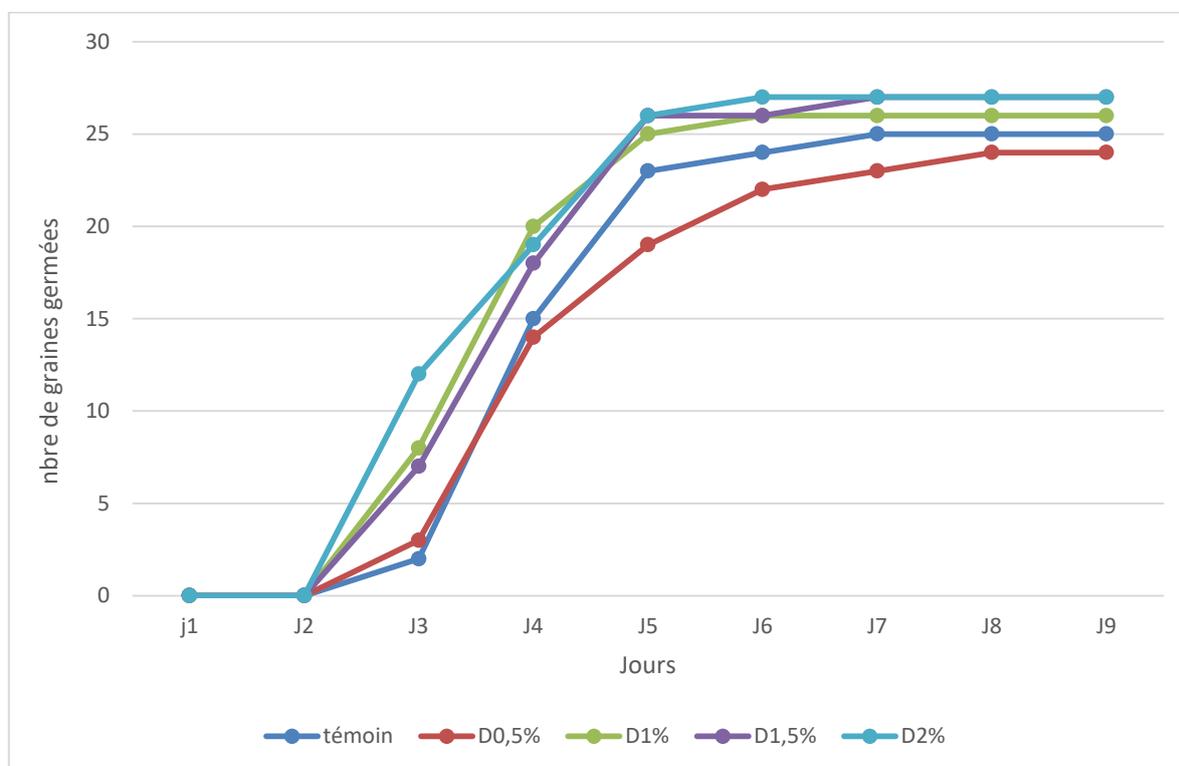


Figure 22 : Effet des différentes doses de marc de café sur la cinétique de germination des grains de *T. durum* var. Boussalem pendant 08 jours

L'analyse statistique donne un effet significatif à partir du 5^{ème} jour.

IV.1.3 Effet du marc de café sur la vitesse de germination du blé dur

Les résultats illustrés dans la figure 23 montrent un effet positif sur la vitesse de germination des graines de blé (durée) dans la dose 2% où on enregistre $3,33 \pm 0,33$ J ; donc, une diminution dans la durée de germination des graines avec 16,75% par rapport aux graines de témoin qui enregistrent une vitesse de $4 \pm 0,00$ J.

La même vitesse de $4 \pm 0,00$ J est notée pour les deux doses 1% et 1,5%, contrairement à la dose 0,5% où on note une augmentation de vitesse atteinte $4,33 \pm 0,33$ J.

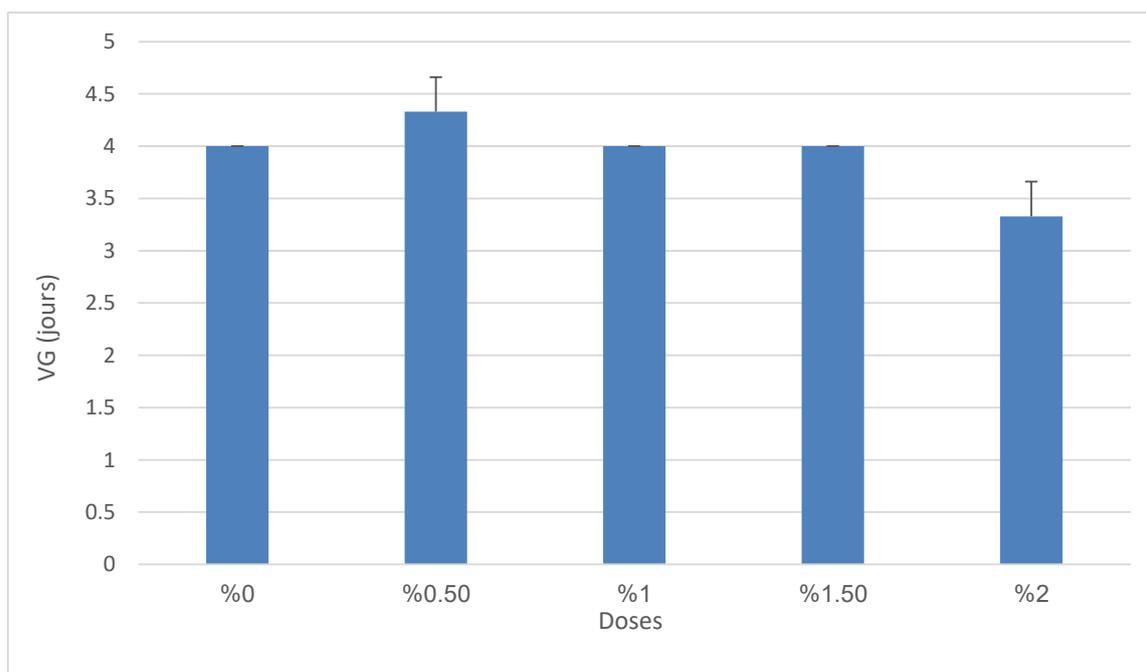


Figure 23 : Effet des différentes doses de marc du café sur la vitesse de germination des grains de *T. durum* var. Boussalem pendant 08 jours.

L'analyse statistique ne montre aucun effet significatif des différentes concentrations du marc de café sur la vitesse de germination des graines de blé dur.

IV.1.4 Effet du marc du café sur la moyenne journalière de germination (MDG) du blé dur

L'analyse des résultats relatifs à l'effet des doses du marc du café sur la moyenne journalière de germination des graines du blé dur (*Triticum durum* Desf.) montre l'existence d'un effet hautement significatif (figure 24).

Les valeurs augmentent de $15.22 \pm 1.35\%$ (pour le témoin) pour atteindre une valeur de $19.33 \pm 1.15\%$ par jour dans la dernière dose (2%) passant par $17.33 \pm 1.15\%$ et $18.00 \pm 0.00\%$ pour les doses 1% et 1,5%.

Les trois dernières doses 1%, 1,5% et 2% enregistrent une augmentation de 2,11%, 2,78% et 4,11 respectivement à l'exception de la dose 0,5% qui enregistre une diminution de 1% par rapport au témoin avec une valeur de $14.22 \pm 1.54\%$.

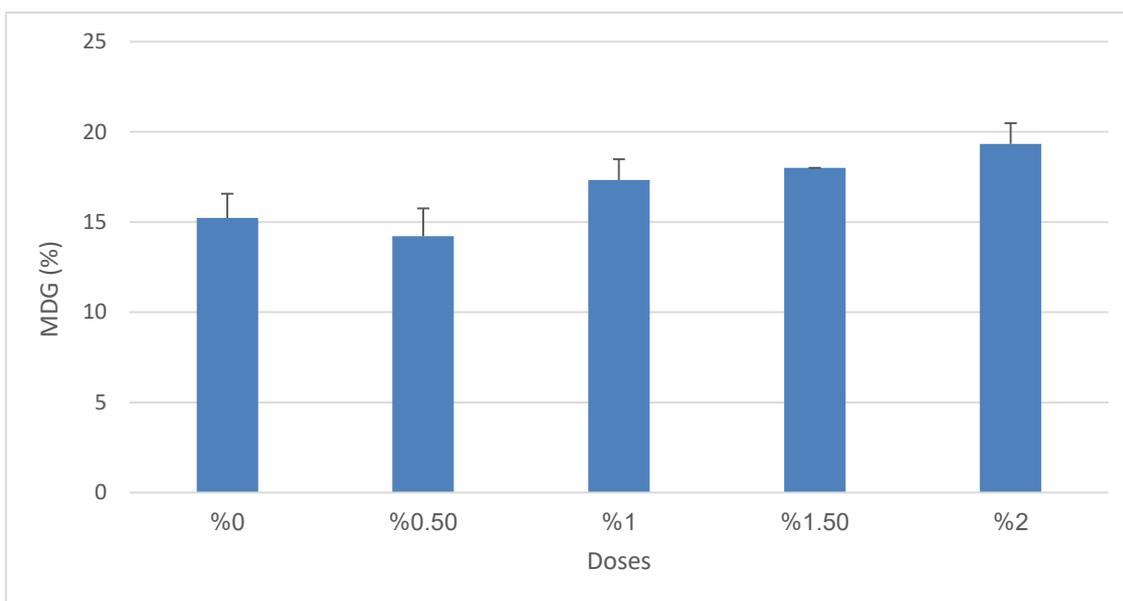


Figure 24 : Effet des différentes doses de marc du café sur la moyenne journalière de germination des grains de *T. durum* var. Boussalem pendant 08 jours.

IV.1.5 Discussion

Nos résultats attestent que le blé dur connaît une croissance significative remarquable dans son taux de germination dans les doses supérieures du marc de café par rapport au témoin. Pour la cinétique de germination, l'existence de 03 phases successives comme suit : la première phase est une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations où le taux de germination reste trop faible. La durée de cette phase se varie selon la concentration utilisée, elle est courte dans les témoins de blé dur. La deuxième phase est une phase un peu linéaire avec une augmentation rapide évoluant proportionnellement au temps dans toutes les doses où elle est courte dans le témoin et un peu longue dans les grandes concentrations. La troisième phase stationnaire correspond à un palier traduisant la capacité germinative dans les conditions de l'expérience, puisqu'au cours de la germination, l'activité biologique du grain continue à se développer, et lorsque la production enzymatique et la modification de l'endosperme ont atteint leurs niveaux optimaux, cette activité doit être arrêtée (Mortet, 2019).

La vitesse de germination, évaluée par le temps moyen correspondant à la germination de 50% des graines (t_{50}), est augmentée significativement contre les doses du marc de café. Concernant la moyenne journalière de germination, on remarque une augmentation bien remarquable où la moyenne journalière est augmentée dans toutes les doses du marc de café.

Par ailleurs, les engrais organiques (végétaux ou animaux) contribuent à améliorer les propriétés du sol. Hensler, (1970) a approuvé que les déchets organiques contribuent à

augmenter l'activité des micro-organismes en plus de leur rôle dans l'augmentation de la fertilité du sol et l'amélioration de ses propriétés chimiques. D'après **Kito et Yoshida, (1997)**, des études avec des extraits aqueux concentrés de résidus de café ont clairement indiqué qu'il a la capacité d'inhiber la germination des graines et la croissance des racines de certaines espèces végétales nuisibles, et il est donc considéré comme une matière organique utile riche en effets herbicides. L'incorporation de résidus de café entraîne une diminution de la teneur en azote inorganique dans le sol, cela implique que l'immobilisation de N dans la rhizosphère n'est pas principalement responsable de la réduction de la croissance des cultures. L'amélioration de la croissance des cultures avec l'incorporation de résidus peut être due à l'amélioration des propriétés physiques du sol, telles que la texture du sol, l'humidité et l'aération.

Rizvi et al., (1981) ont affirmé que la caféine contenue dans les graines de café provoque une réaction phytotoxique sélective. Nous avons également constaté que la germination des graines et l'élongation des racines étaient inhibées pour certaines espèces végétales lorsqu'elles étaient traitées avec un extrait aqueux de marc de café. **Kitō et Yoshida, (1997)** ont supposé que l'application de marc de café dans le sol induit une privation d'azote. Ces deux auteurs ont émis l'hypothèse que le marc de café était utile comme agent de lutte contre les mauvaises herbes, ce que signifie l'amélioration de germination des autres plantes.

Selon **Ryu et al., (2014)**, le taux de croissance des germes de blé est augmenté de l'ordre de 20 %, 40 %, 60 %, 80 % et 100 % (P/P) dans un sol mélangé avec des sous-produits du café. **Nagaoka et al., (1996)** ; **Wakasawa et al., (1998)** ont signalé que l'application de marc de café a effectivement augmenté les teneurs en carbone et en azote du sol.

La valeur du pH a une action sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol qui crée un milieu plus favorable à l'alimentation minérale et à la croissance des plantes. Il indique la disponibilité des éléments minéraux pour la plante, en effet, la plupart des plantes prospèrent sur sol à pH 6,5-7 (**Doucet, 2006**). Selon **Marlina, (2009)** et **Kiyonori, (1990)** le pH de la matière compostée était acide au début du compostage.

Les résultats de l'étude concernant les propriétés chimiques du sol ont montré qu'il était affecté par l'ajout de pulpe et cela est cohérent avec les résultats d'études précédentes qui ont montré que la matière organique affecte de manière significative les propriétés physiques et chimiques de la terre par l'augmentation de la capacité de la terre à conserver l'eau ; et donc, la matière organique augmente la capacité d'organisation de la terre. La matière organique joue un rôle important dans le maintien d'une valeur modérée de l'acidité du sol, qui assure

une bonne croissance des plantes, et fournit des éléments nutritifs dans le sol (Boyhan *et al*, 2011).

IV.2 Paramètres morpho-biométriques

IV.2.1 Effet du Marc de café sur la cinétique de la longueur de blé dur

La figure 25 montre l'effet des différentes concentrations du marc de café sur la croissance de la longueur du blé dur au cours du temps.

Les résultats enregistrent une augmentation de longueur, pour chaque plante, où ils commencent après le 15^{ème} jours par 1,55 cm pour le témoin, 2,45 cm pour la dose 0,5%, 2,82 cm pour la dose 1%, 3,8 cm pour la dose 1,5% et 4,87 cm pour la dernière dose 2% jusqu'à 30,8 cm, 33.36 cm, 34.25 cm, 38.85 cm, 35.1 cm pour les doses 0%, 0.5%, 1%, 1,5 % et 2 % respectivement après 57 jours. Après ce jour, les plantes n'enregistrent aucune augmentation de longueur.

Les courbes permettent de distinguer une phase de latence nécessaire à l'apparition des premières germinations avant de commencer à croissance. Les doses du marc de café exercent un effet positif durant la durée de développement.

Cette différence de longueur commence à apparaître depuis le 29^{ème} jour où elle atteint entre 2,64 cm et 4,8 cm en comparant avec le témoin. Cette différence s'accroît jusqu'au 57^{ème} jour pour atteindre jusqu'au 8,05 cm pour la dose 1,5% comme plus différence enregistrée dans cette étude.

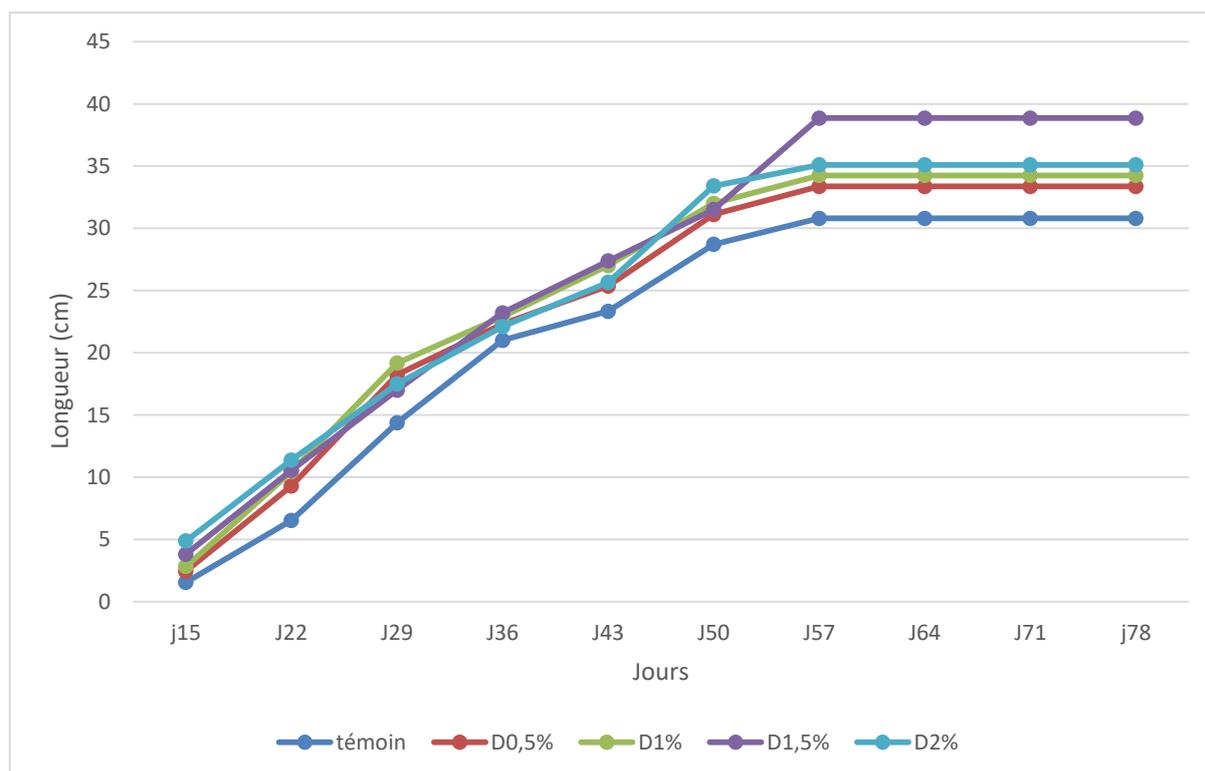


Figure 25 : Effet des différentes doses de marc du café sur la cinétique de la longueur de *T. durum* var. Boussalem

L'analyse statistique montre un effet significatif entre les doses du marc de café et l'évolution de la longueur après le 36^{ème} jour ; avant ce jour l'analyse donne un effet non significatif parce qu'il n'y pas vraiment une grande différence dans l'évolution de la longueur du blé dur entre les différentes doses de marc de café.

IV.2.2 Effet du Marc de café sur la surface foliaire du blé dur

Concernant la figure 26, les feuilles de témoin atteignent une surface foliaire de 3.08 ± 0.27 cm², cette surface est augmentée progressivement pour les trois doses suivantes 0.5%, 1% et 1.5% à des valeurs de 5.51 ± 0.50 cm² et 5.67 ± 0.27 cm² et 6.2 ± 0.88 cm² ; donc une augmentation de 78.89%, 84% et 101.29 % respectivement. La dernière dose enregistre une valeur de 5.7 ± 0.10 cm² avec une augmentation de 85.06% par rapport à la dose 0%.

L'analyse de variances montre un effet significatif entre les doses du marc du café sur la surface des plantes de blé dur.

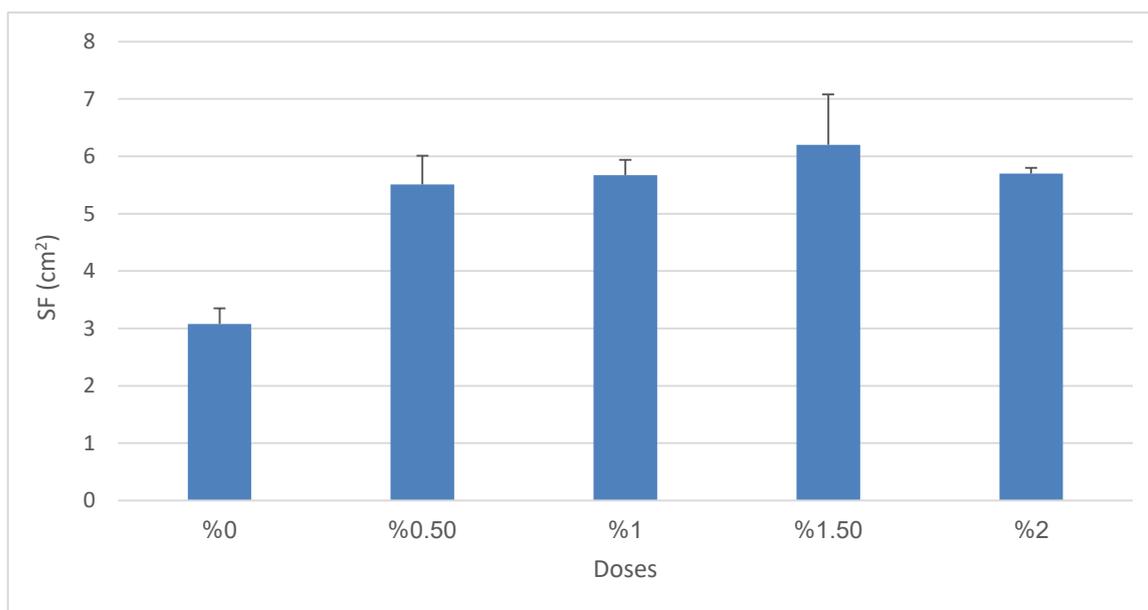


Figure 26 : Effet des différentes doses de marc du café sur la surface foliaire de *T. durum* var. Boussalem.

IV.2.3 Effet du Marc de café sur Surface foliaire totale de blé dur

Les résultats notés dans la figure 27 montrent une augmentation de 100,95 % dans la surface foliaire totale de la dose 0,5% par rapport au témoin qui nous a donné une surface de 5.51 ± 0.50 cm². Cette augmentation, par rapport au témoin, est diminuée avec l'augmentation de la dose où on enregistre 98,08%, 63,47% et 50,63% respectivement.

Cette augmentation est due au nombre de feuilles qu'était élevé dans les plantes traitées par rapport aux plantes témoins.

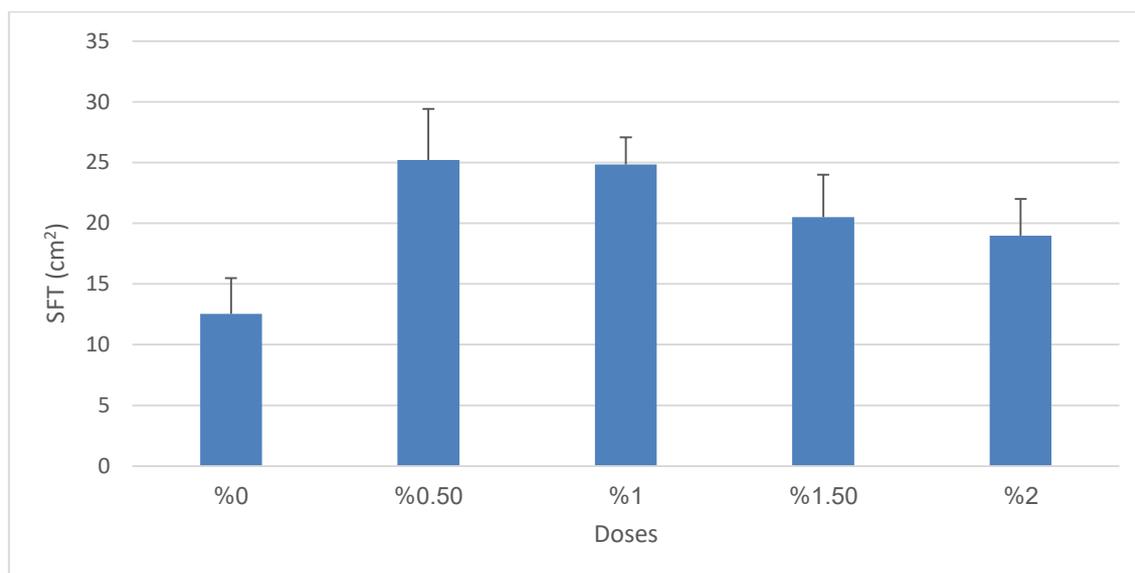


Figure 27 : Effet des différentes doses de marc du café sur la surface foliaire totale de *T. durum* var. Boussalem.

L'analyse statistique révèle un effet hautement significatif donnant 02 groupes homogènes séparant le témoin (porté dans le groupe B) à partir de différentes doses de marc café (rangées dans le groupe A).

IV.2.4 Effet du Marc de café sur la longueur finale des parties aérienne, racinaire et totale

Pour les résultats notés dans la figure 28, on remarque qu'il y a une augmentation de la longueur avec l'augmentation de la dose commençant par la 1^{ère} dose 0.5% avec une croissance de 14,00 % concernant la longueur totale, 8,31 % pour la longueur aérienne et de 31,38 % concernant la longueur racinaire par rapport aux valeurs de témoin : 40,87±8.22 cm, 30,8±4.88 cm, 10,07±3.65 cm respectivement.

Cette augmentation continue à croître jusqu'à la dose 1,5% pour atteindre une différence de 25,39% et 26,13% pour la longueur totale et aérienne par rapport à la dose 0%, puis diminue un peu dans la dernière dose 2% avec des longueurs de 46,2±7.65 cm et 35,1±3.61 cm respectivement.

La longueur racinaire a enregistré la plus valeur possible dans la dose 1% avec 13,5±3.58 cm et une augmentation de 34,06% en comparant avec le témoin.

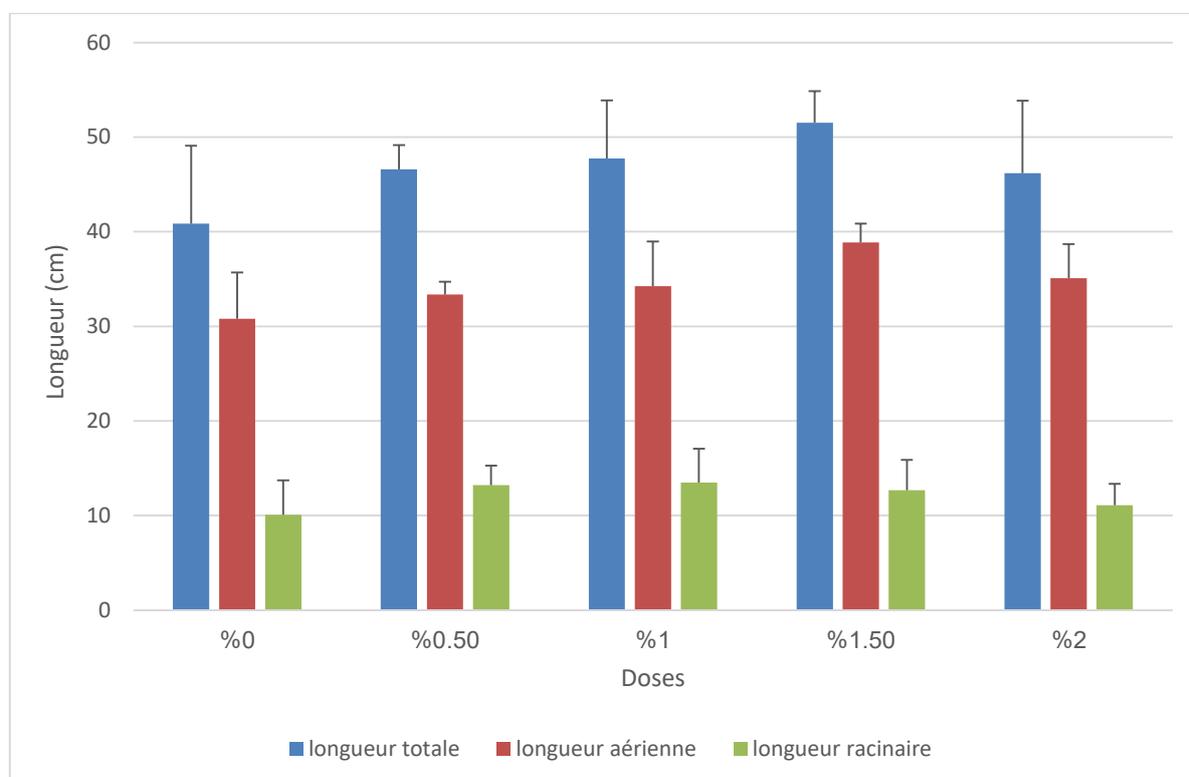


Figure 28 : Effet des différentes doses de marc du café sur la longueur aérienne, racinaire et totale de *T. durum* var. Boussalem.

L'analyse des résultats relatifs à l'effet des doses du marc de café sur la longueur de blé dur montre l'existence d'un effet significatif pour la longueur totale et la longueur aérienne et non significatif pour la longueur racinaire.

IV.2.5 Discussion

Selon les paramètres morphologiques, les résultats montrent que la longueur de la plante de blé dur augmente proportionnellement avec l'augmentation des doses de marc de café, ce qui inclut également l'augmentation de la longueur des parties aériennes, racinaires et totale de la plante jusqu'à une certaine dose idéale du marc de café. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études sur l'effet positif que le marc de café procure pour une meilleure croissance.

L'application de marc de café améliorerait la croissance des plantes en améliorant les propriétés chimiques et physiques du sol (**Glaser et al., 2002**). Grâce à sa teneur élevée en potassium, magnésium, phosphore et cuivre, et à sa capacité d'absorption immédiate, il représente une source importante de matière organique. (**Adi et Noor, 2009**).

Le marc de café est utile pour réduire l'incidence de certaines maladies du sol qui effectuée sa fertilisation en éliminant de nombreux champignons nuisibles qui causent la pourriture (*Pythium sp*) et des maladies vasculaires (*Fusarium sp* et *Sclerotinia sp*), s'il est utilisé en modération entraînant une bonne croissance et même une meilleure production de biomasse (**Hodgson, 2006**).

En effet, plusieurs travaux conduits sur le blé dur qu'il a besoin de l'azote, ce dernier est un élément indispensable pour garantir un rendement remarquable, fournit par des apports d'engrais comme le marc de café. Le manque d'eau et d'engrais (comme le marc de café) provoque le manque d'azote, qui cause l'incapacité à atteindre une croissance optimale du blé dur au niveau de ses parties aérienne et racinaire puisque l'azote participe dans la synthèse de la matière vivante et même au développement des feuilles, des tiges et des racines (**Ndegwa et Thompson, 2001**).

La surface foliaire est augmentée avec l'élévation de la dose de marc du café où l'augmentation atteint 6.2 cm^2 sous la dose 1.5% avec une croissance de 101.29% par rapport au témoin. Ces valeurs sont reflétées sur la surface foliaire totale qui est augmentée jusqu'à 100.95% à partir de la dose 0.5%.

Ces résultats sont en concordance avec l'étude de **Ballesteros et al., (2014)** qui ont indiqué que le marc de café ajuste la température du sol et aide à retenir l'eau du sol, ce qu'augmente

l'absorption d'eau par les racines. Donc, l'augmentation de la surface foliaire est considérée comme une réponse ou une adaptation à l'abondance d'eau (Blum, 1996).

La feuille est l'organe le plus sensible au stress hydrique de la plante, elle a un rôle majeur de réguler les besoins en eau qu'elle utilise dans le processus de transpiration, conductance stomatique et les quantités de carbone fixées par le biais de la photosynthèse la surface foliaire est déterminée par la nature et la durée du stress (Shakee *et al.*, 2011). Cela explique le rôle du café moulu dans son potentiel en tant qu'engrais et aussi l'avantage de maintenir un approvisionnement suffisant en eau et en nutriments (Kasongo, *et al.*, 2011).

Selon l'étude de Kito et Yoshida (1997), les concentrations les plus élevées du marc de café inhibent la croissance des plantes. Et comme les doses ne sont pas fortes dans notre expérience, cela a joué un rôle positif dans la croissance du blé. Seules les petites quantités du marc de café sont bénéfiques. Par conséquent, ces quantités assureront la diversité des micro-organismes (Linda Chalker, 2015). Sinon, l'effet sera inversé en raison de l'acide chlorogénique présent dans le marc de café, qui doit être en quantité modérée (de 0,5% à 3%) pour obtenir une croissance idéale. (Pandey *et al.*, 2000), cet acide jouant un rôle important dans l'absorption d'oxygène qui s'augmente à sa présence (Jones et Hulme, 1961).

IV.3 Paramètres hydriques (physiologiques)

IV.3.1 Effet du Marc de café sur la matière sèche

D'après la figure 32, la matière sèche augmente selon l'augmentation des doses du marc de café où le témoin enregistre une valeur de $15.71 \pm 0.57\%$. Cette valeur est évoluée à $15.98 \pm 1.63\%$ pour la dose (0.5%) avec une augmentation de 0,27% par rapport à la dose précédente (dose 0%).

La matière sèche pour les trois dernières doses en comparaison avec le témoin, et arrive à une valeur de $19.87 \pm 3.57\%$ pour la dose (2%), ce que signifie une augmentation de 4.16%, passant par $16.55 \pm 2.45\%$ et $18.09 \pm 3.70\%$ sous les doses 1,5% et 1% respectivement ; ce que signifie une amélioration, dans le pourcentage des tissus secs, causée par le marc du café.

L'analyse de la variance montre l'obtention d'un effet significatif des doses de marc de café concernant la matière sèche des feuilles de blé dur.

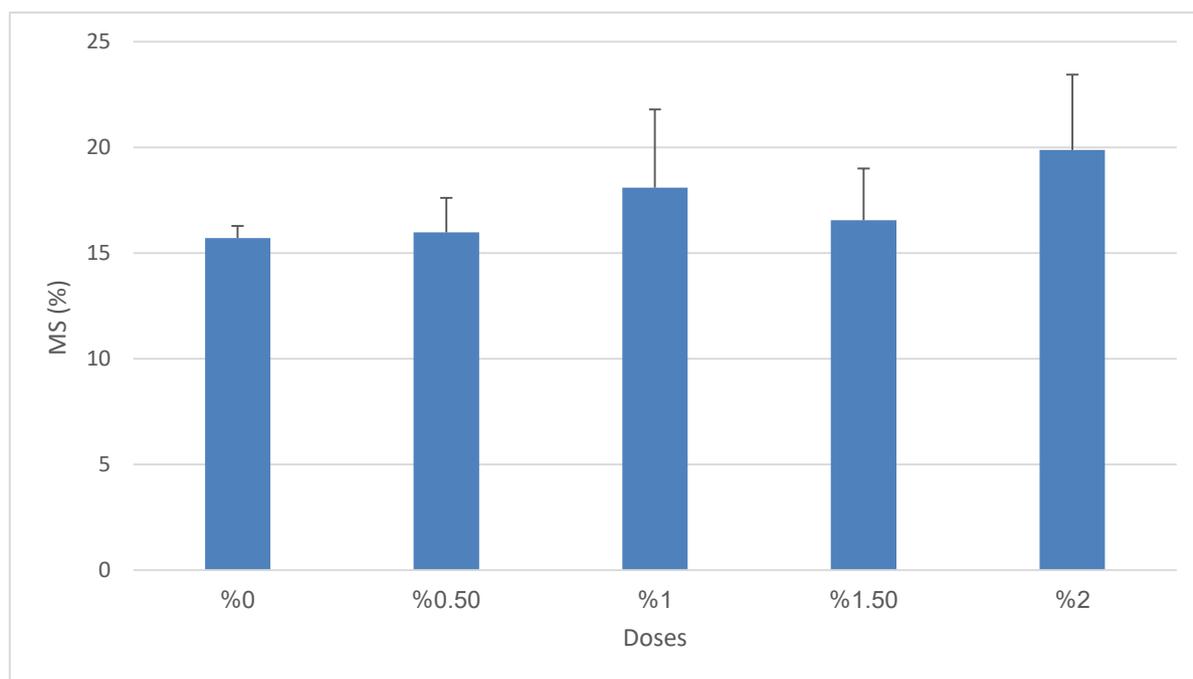


Figure 29: Effet des différentes doses de marc du café sur la matière sèche de T. durum var. Boussalem

IV.3.2 Effet du Marc de café sur la teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC) de blé dur

La teneur relative en eau des feuilles de blé dur sous l'effet du marc de café (figure 29) est évoluée selon l'évolution des doses et enregistre des teneurs commençant de $57.47 \pm 1.58\%$ (la dose 0.5%) et $57.18 \pm 6.14\%$ (la dose 1%) passant à $59.31 \pm 5.18\%$ (la dose 1.5%) et arrivant à $61.84 \pm 5.59\%$ (pour la dernière dose 2%).

RWC est très faible dans le contrôle par rapport aux doses suivantes (une valeur de $48,69 \pm 1,5\%$); L'augmentation aux autres doses est ainsi comprise entre 8,49% et 13,15% par rapport à la dose 0%.

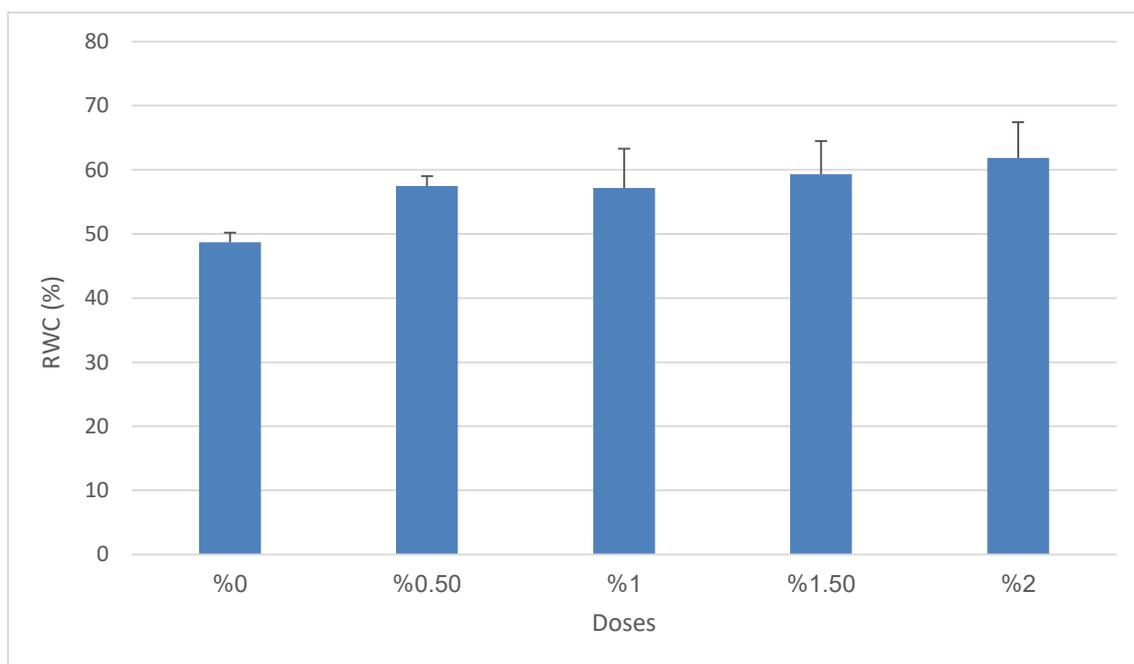


Figure 30: Effet des différentes doses de marc du café sur la teneur relative en eau TRE (Relative Water Content RWC) de *T. durum* var. Boussalem.

IV.3.3 Effet du Marc de café sur le taux de déperdition d'eau (Relative Water Loss) RWL de blé dur

La figure 30 représentant l'évolution de la perte d'eau par les feuilles de blé dur indique une diminution de la transpiration au cours du temps et en fonction des doses du marc de café.

À 30 minutes, les quantités d'eau perdues dans les feuilles, pour le témoin, sont de l'ordre $0.0257 \pm 0.0025 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$; cette valeur est diminuée à $0.0159 \pm 0.0015 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ sous la dose 1.5%, à $0.0103 \pm 0.0018 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ la dose 0.5% et de $0.0082 \pm 0.0015 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ la dose 1% arrivant à $0.0061 \pm 0.0014 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ (comme la plus petite valeur de perte d'eau) pour la dose 2%.

À 60 minutes, les résultats sont diminués par rapport aux valeurs de 30 minutes. Donc, le témoin (0%) enregistre une valeur de $0.0175 \pm 0.0031 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, la dose 1.5% enregistre $0.0077 \pm 0.0013 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, la dose 0.5% avec $0.0073 \pm 0.0022 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, la dose 1% enregistre $0.0073 \pm 0.0021 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, arrivant à $0.0054 \pm 0.0014 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour la dose 0.5%.

À 120 minutes, les valeurs enregistrées ont été de $0.0126 \pm 0.0018 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour le témoin, $0.0057 \pm 0.0014 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour la dose 0.5% et $0.0056 \pm 0.0014 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour la dose 1.5%, et $0.0049 \pm 0.001 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour la dose 1%, et $0.0044 \pm 0.0019 \text{ g.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ pour la dernière dose (2%).

Donc, le RWL est faibles sous les différentes doses utilisées que dans les plantes témoins.

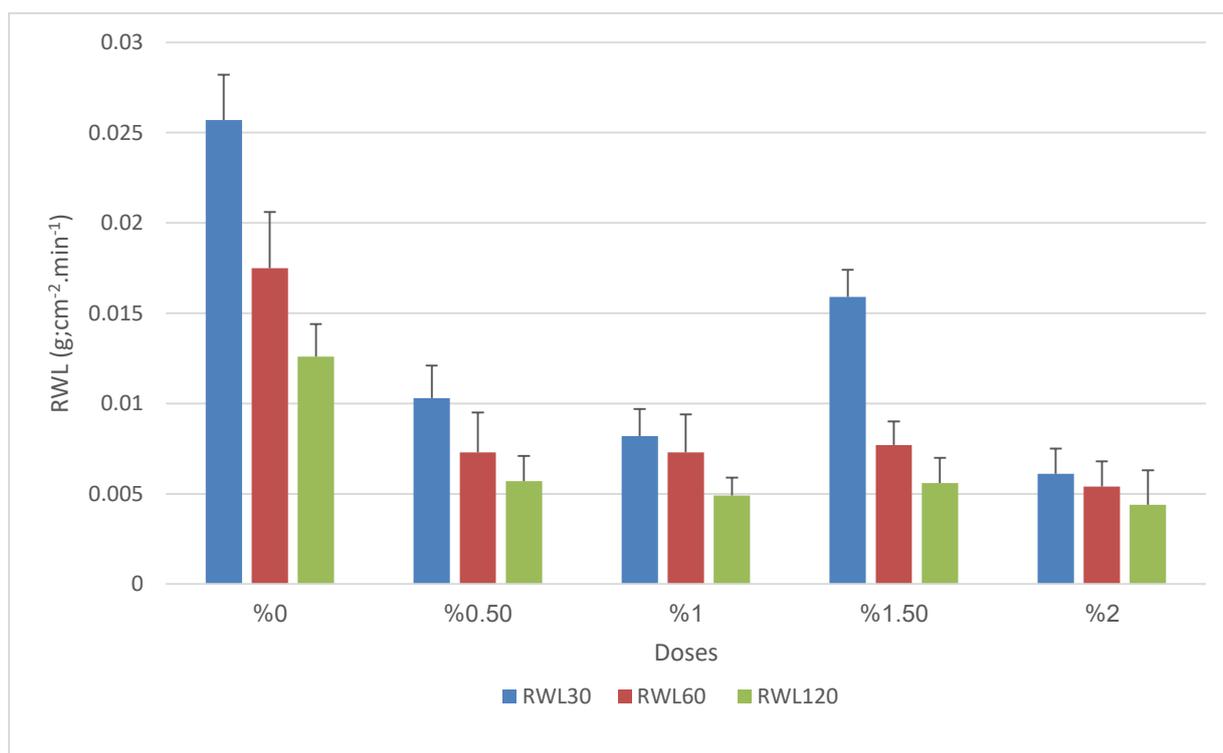


Figure 31: Effet des différentes doses de marc de café sur le sur le taux de déperdition de T. durum var. Boussalem.

Concernant l'analyse statistique des résultats, l'effet est non significatif dans les différents temps (RWL₃₀, RWL₆₀ et RWL₁₂₀).

IV.3.4 Effet du Marc de café sur le déficit hydrique de saturation (DHS)

Dans la figure 31, on remarque que le déficit hydrique des feuilles de blé dur est réduit sous le stress de marc de café de manière importante, allant de $51.3 \pm 1.5\%$ (dans le témoin) à $42.52 \pm 1.58\%$ (dans la dose 0.5%) passant par $40.68 \pm 7.18\%$ et $36.50 \pm 6.54\%$ respectivement dans les deux doses 1,5% et 1% ; et arrivant à $38.15 \pm 7.59\%$ dans la dernière dose 2%. Donc, les doses de marc de café jouent un effet positif dans la conservation de l'eau de feuilles.

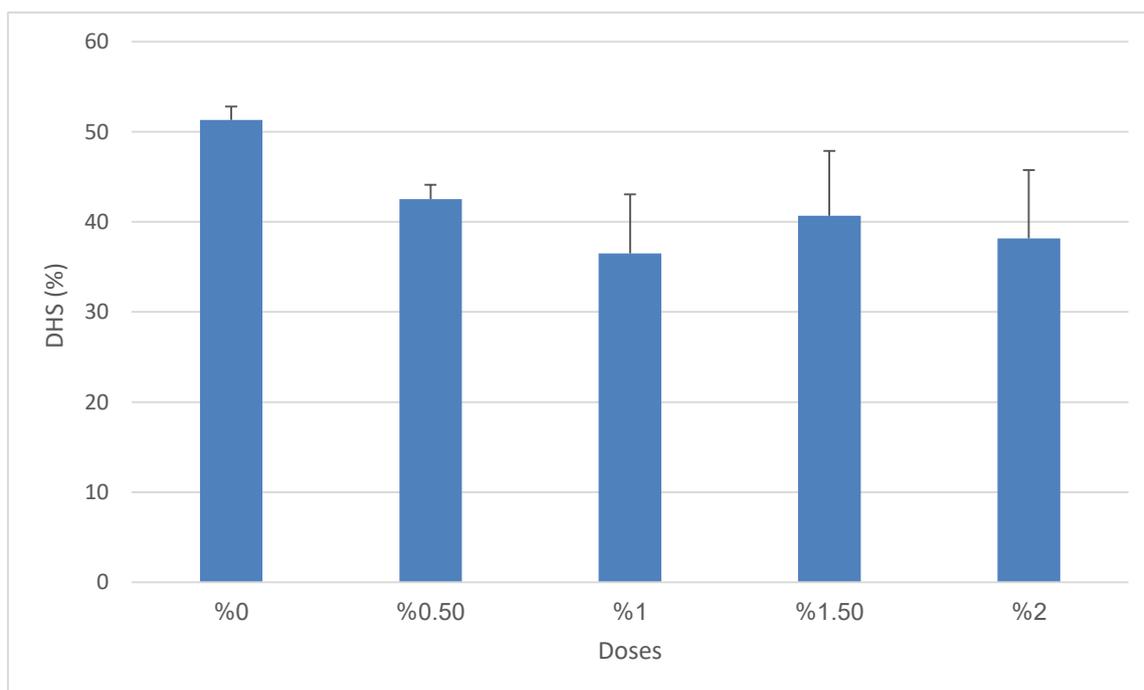


Figure 32: Effet des différentes doses de marc de café sur le déficit hydrique de saturation de *T. durum* var. Boussalem.

Pour le déficit hydrique de saturation, l'analyse statistique donne un effet non significatif entre les doses de marc de café sur les plantes de blé dur.

L'analyse statistique basée sur les tests de comparaison des moyennes (anova) montre un effet significatif entre les différentes doses utilisées.

IV.3.5 Discussion

Le marc de café contribue à améliorer la nutrition des racines grâce à l'abondance de nutriments qu'il contient, la matière organique est affectée ; ce qui contribue à modifier les propriétés chimiques et physiques du sol en augmentant sa capacité à conserver l'eau et en aidant à augmenter l'activité des micro-organismes (**Boyhan et al., 2011**). La matière organique dans le marc de café agit comme un matériau soudant, car elle contribue à la formation de granules agrégées, qui contribuent à la facilité des échanges gazeux, à la stabilité de la composition et à l'augmentation de la perméabilité d'eau ce que explique une bonne saturation. (**Saad, 1946**).

Monties, (1974) a rapporté que l'acide chlorogénique peut protéger les tissus végétaux, à la fois chimiquement et physiquement, contre les rayons UV proches par la diminution de la surface foliaire qui provoque également par la suite une diminution de la teneur en eau chez les plantes. Les flavonoïdes et les phénols du café moulu s'accumulent dans les feuilles de la

plante et empêchent les rayons d'atteindre la couche intermédiaire, où la photosynthèse se produit en réponse au stress hydrique (**Rozema et al., 1997**).

Concernant la matière sèche dans notre étude, elle est augmentée selon l'augmentation de la dose du marc de café ce que signifie un effet positif sur les tissus et ses éléments.

Selon **Yamane et al., (2014)**, le marc de café fournit un riche apport en nutriments une fois appliqué au sol, donc une augmentation de biomasse végétale. Elle peut également augmenter la disponibilité des éléments nutritifs essentiels pour les plantes, tels que l'azote, le phosphore, le fer et le zinc (**Kitou et Okuno, 1999 ; Liu et Price, 2011 ; Morikawa et Saigusa, 2011 et 2008**), considérant qu'une grande partie de l'azote est utilisée dans les molécules de chlorophylle qui sont essentielles à la photosynthèse et à la poursuite de la croissance (**Anand Tet Geeta, 2018**).

L'analyse de la variance de la matière sèche des plants traités montre une différence significative de la concentration du marc de café par rapport au lot témoin. De plus, plus la concentration du marc de café est élevée, plus la matière sèche est élevée par rapport au témoin. La valeur la plus élevée de $19.87 \pm 3.57\%$ pour la dose (2%) montre une augmentation de 26,47% par rapport au témoin, qui représente une amélioration du développement et de la santé de la plante grâce à l'effet du marc de café.

La surface foliaire est déterminée par la quantité d'eau utilisée dans le phénomène de transpiration et avec l'utilisation d'une grande quantité d'azote, elle est utilisée dans les molécules de chlorophylle nécessaires à la photosynthèse et à la croissance (**Anand et Geeta, 2018**), ce qui explique le rôle du marc de café dans l'augmentation de la surface foliaire.

La teneur relative en eau est une indication de l'état de santé de la plante, car l'eau est un pilier essentiel pour toutes les réactions physiologiques et biochimiques (**Benmahammed et al., 2008**). Le marc de café a présenté un bon facteur pour augmenter la teneur relative en eau du blé dur en atteignant 61,4% sous la dose la plus élevée (2%).

La proline, qui est l'un des composés azotés, joue un rôle important dans la régulation de la pression osmotique pour contrer le stress hydrique (**Mortet, 2019**). La matière organique dans le marc de café représente une importante réserve d'azote, et son accumulation entraîne une augmentation de la dissolution du potassium et du phosphore dans le sol, elle aide à bien conserver la pression osmotique au blé dur à différents niveaux de croissance (**Adrian. 2006**).

Le taux de déperdition (RWL) est directement relié à la surface foliaire, il est diminué par rapport au temps passé (de 30_{\min} passant à 60_{\min} et arrivant à 120_{\min}) dans presque toutes les

doses de marc de café utilisées, mais la comparaison les doses entre elle, n'a pas montré un grand effet. Pour le déficit hydrique de saturation, les résultats de notre expérience ont enregistré une chute significative avec l'augmentation des doses du marc de café pour atteindre presque 29% pour la dose de 1% par rapport au témoin ce que signifie un effet positive.

Un déficit en eau peut produire une carence par défaut d'apport de certains éléments et affecte toutes les fonctions de la plante. Les éléments absorbés interviennent tous dans la régulation de la pression osmotique pour maintenir une turgescence suffisante des cellules. Ils maintiennent également le pH des différents compartiments (hyaloplasme, sèves...) et entrent dans la composition des molécules organiques, principalement dans les enzymes et les pigments (Grattan et Grieve, 1998 ; Hamza, 1977 ; Belkhodja, 1993).

Han *et al.*, (2016) signalé que l'eau prélevée dans le sol par les racines des plantules d'*Amorpha fruticosa* était limitée pendant cette période, ce qui s'était traduit par une réduction de la transpiration. Il est bien connu qu'une diminution de la photosynthèse a souvent été observée avec une limitation d'eau légère ou modérée (Chaves *et al.*, 2009). La diminution du potentiel hydrique du sol provoque aussi une perte importante de la turgescence au niveau de la plante. Pour maintenir la turgescence, la plante met en place un mécanisme d'ajustement osmotique liée à sa capacité à accumuler certains solutés. Une perte trop importante de la turgescence entraîne une déstructuration des membranes et systèmes enzymatiques (Mahajan et Tuteja, 2005) et l'accumulation de différents osmorégulateurs permet la diminution du potentiel osmotique (Chaves *et al.*, 2003).

La fonction stomatique est modulée par des signaux chimiques transmis par les racines quand la teneur en eau du sol est réduite. Les molécules impliquées dans la signalisation sont principalement l'acide abscissique (ABA), les cytokinines et l'éthylène ; la production d'acide abscissique par les racines situées dans les zones sèches du sol serait le moyen par lequel la plante "sentirait" le déficit hydrique avant d'en subir des conséquences trop pénalisantes. L'acide abscissique est une hormone synthétisée dans les racines et les feuilles, impliquée dans la croissance, mais également dans la régulation du fonctionnement des stomates. Il se produit un efflux de K^+ dans les cellules de gardes, entraînant une perte de la turgescence conduisant à la fermeture des stomates (Kim *et al.*, 2010), cette action sert également comme régulateur de pression permettant d'éviter une diminution de la conductance hydraulique conduisant au phénomène de cavitation qui peut entraîner de graves conséquences

physiologiques allant jusqu'à la mort de certaines parties ou même de la plante entière (Buckley, 2005).

IV.4 pH du sol avant et après

L'analyse statistique donne un effet significatif entre les différentes doses du marc de café sur le pH après la récolte et un effet non significatif concernant le pH avant la plantation.

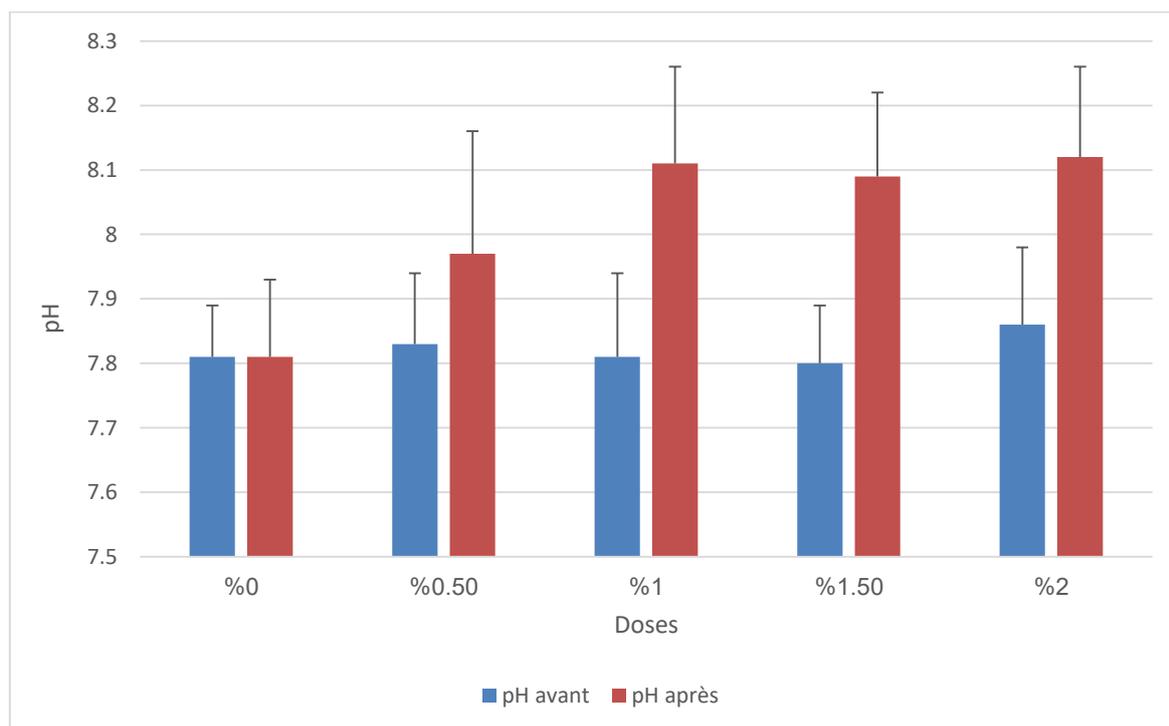


Figure 33 : pH du sol avant la plantation et après la récolte.

L'analyse des caractéristiques montre que le sol utilisé avant la plantation est un sol neutre de qualité nutritionnelle riche, avec un pH allant de $(7.81 \pm 0.08$ et $7.86 \pm 0.12)$ entre les différentes doses utilisées commençant par le témoin et arrivant à la dose 2%.

Après la récolte, on remarque que le pH est déplacé, un peu, vers l'état de basicité avec un gradient croissant en fonction des concentrations du marc de café présentes dans le sol. Donc, le pH du témoin est presque constant avec une augmentation juste de 0.01 et une valeur de 7.82 ± 0.12 contrairement aux autres doses où le pH atteint 8.09 ± 0.13 , 8.11 ± 0.15 et 8.12 ± 0.14 respectivement sous 1,5%, 1% et 2%.

La valeur du pH a une action sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol qui crée un milieu plus favorable à l'alimentation minérale et à la croissance des plantes. Il

indique la disponibilité des éléments minéraux pour la plante, en effet, la plupart des plantes prospèrent sur sol à pH 6,5 (**Doucet, 2006**).

*Conclusion et
perspectives*

L'application des amendements organiques permet l'amélioration de la fertilité et la qualité du sol. Plusieurs types d'amendements sont communément utilisés à savoir le fumier, les composts et les déchets de culture. Cependant, le manque de connaissance de base de l'effet de marc du café sur les sols et les végétaux nous a conduits à réaliser cette étude pour mieux comprendre comment ce produit influence sur le blé dur.

L'objectif de ce travail est de valoriser le marc du café en tant qu'amendement organique et sur la capacité germinative des graines du blé dur (le taux, la vitesse, la moyenne journalière et la cinétique de germination) d'une part et sur les caractéristiques morphologiques des plantules de la plante et ses caractéristiques morphologiques et son effet sur les propriétés chimiques du sol.

d'autre part, nous avons choisi le blé dur (*Triticum durum* Desf) la réponse physique et chimique des plantules de blé dur exposées à différentes doses de notre fertilisant organique (0.5%, 1%, 1.5% et 2%) avec le témoin (la dose 0%) a été évaluée par l'étude de quelques paramètres morphologiques tels que la longueur de la tige, la longueur des racines, la longueur totale, le nombre et la surface des feuilles, et des paramètres hydriques tels que le taux de perte d'eau, la teneur relative en eau, le déficit hydrique de saturation.

Pour L'effet de marc du café sur la germination, les résultats obtenus montrent qu'il y a un effet positif sur la germination des graines. A l'échelle morphobiométrique, l'effet de notre substrat se traduit par une augmentation de la longueur et de la surface foliaire et la teneur en matière sèche des plantes de blé dur. Concernant les paramètres physiologiques, le marc du café a augmenté la teneur relative en eau, au contraire, a diminué la perte de l'eau et le déficit hydrique.

Comme conclusion, les traitements, utilisés ont amélioré la productivité de la plante de blé dur et même la valeur du pH du sol qui est augmenté de manière appropriée en fonction des résultats obtenus. Donc, nous conseillons aux agriculteurs d'utiliser le marc de café comme engrais organique à des doses précises en raison de son bon observé dans cette étude.

Notre travail laisse entrevoir quelques perspectives souhaitables comme :

- ✚ L'étude des paramètres biochimiques de blé dur sous de l'effet de marc du café.
- ✚ L'application de cette étude sur différents stades de cycle de vie sur le champ.

*Références
bibliographiques*

- Adi, A.J., Noor, Z.M., (2009).** Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology*, 100: P 1027-1030.
- Adil, M., (2009).** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*Triticum durum* l. var. carioca) dans la région d'El-Goléa-Ghardaia. Thèse Magister, Université de KASDI-MERBAH Ouargla. P 55-56.
- Adrian, J.P., (2006).** Green manuring, principles and practice. This accurate reproduction of the original book was scanned, ocr and formatted by soil and health library. Printed in USA, P 267.
- Adriana, F., Tomas, P., Luiz, C., Trugo., Peter, R., Martin., (2005).** « Effect of Roasting on the Formation of Chlorogenic Acid Lactones in Coffee ». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (5): P 1505-13. <https://doi.org/10.1021/jf048701t> .
- Adriana, F., (2019).** Coffee Consumption and Health Implications, Royal Society of Chemistry; 1st edition, P 2-27
- Afnor., (1982).** Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. AFNOR, P 325.
- Alain, A., Jean-François, D., Françoise, F., Jean-Michel, G., Christophe, L., Paul, L., Thierry, P., ARVALIS Institut du Végétal Nîmes.** https://gard.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/066_Inst
- Allred, K.F., Yackley, K.M., Vanamala, J., Allred, C.D., (2009).** Trigonelline is a novel phytoestrogen in coffee beans. *The Journal of nutrition*, 139(10), P 1833-1838.
- Alonso-Salces, R.M., Serra, F., Reniero, F., HÉberger, K., (2009).** Botanical and Geographical Characterization of Green Coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric Evaluation of Phenolic and Methylxanthine Contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10), 4224–4235, P 4224.
- Anand, T., Geeta, N., (2018).** Pereira, Biological Nitrogen Fixation and its Importance in Coffee.
- Anonyme., (2005).** Profil de la culture du blé au Canada. Centre pour la lutte antiparasitaire. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Agriculture et Agroalimentaire Canada.36p.http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/doc/prog/prrp/pdf/wheat_f.pdf.
- Anonyme., 2015.** Blé Moderne et Blé ancien pas différence ? .consulté le 8.7.2022 sur <https://www.boulangerienet.fr/>
- Arthur, R., Lascelles, W., (1865).** A treatise on the nature and cultivation of coffee, Sampson, Low, Son and Marston, Milton House, Ludgate Hill, P 4.
- Auguste, P., (1864).** Etude sur le café, au point de vue historique, physiologique, hygiénique & alimentaire, P 3-14.

- Badr, A., Rabey, H.E., Effgen, S., Ibrahim, H.H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F., (2000).** On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular biology and evolution*, 17(4), P 499-510.
- Ballesteros, L.F., Teixeira, J.A., Mussatto, S., (2014).** Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology* 7 (12): P 3493-3503.
- Barel, M., (2008).** Café de la cerise à la tasse. Ed. Techniques Ingénieur.
- Barrs, H.D., Weatherley, P.E., (1962).** Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Science and Technology*, Vol. 15: P 412.
- Belaid, D., (1986).** Aspects de la céréaliculture Algérienne.
- Belaid D., (1987).** Etude de la fertilisation économique. Option méditerranéenne CIHEAM. P 7.
- Belkhodja, R., (1993).** Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). Master of Science Thesis. Instituto Agronomico Mediterraneo de Zaragoza, Spain.
- Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., Benbelkacem, A., (2008).** Variation De La Teneur Relative En Eau, L'intégrité Cellulaire, La Biomasse Et L'efficacité D'utilisation De L'eau Des Variétés De Blé Dur (*triticum turgidum* L. Var *durum*) Conduites Sous Contrainte Hydrique Volume 12, Numéro 02 <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/214/12/21/47155>
- Bennasseur, A., (2003).** Référentiel pour la conduite technique de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : P 24-38.
- Berry, D., (2002).** Recherche et caféiculture/Research and Coffee Growing. Editions Quae.
- Bezzala, A., (2005).** Essai de l'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Mémoire de Magistère, Université El Hadj Lakhdar: P 25-28.
- Binet, P., Brunel, J., (1999).** *Physiologie végétale*. Doin. 933-935/1156.
- Blum, A., (1996).** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth
- Bonjean, A., Picard, E., (1991).** Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : Aubin imprimeur. P 36.
- Bonjean, A., (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Eds. Le Perchec S., Guy P. et Fraval A. Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n° 21 : P 29-37.

- Bouchenafa-Saïb, N., Mekarzia, A., Bouzid, B., Mohammedi, O., Khelifa, A., Benrachedi K., Belhaneche, N., (2014).** Removal of Malathion from Polluted Water by Adsorption onto Chemically Activated Carbons Produced from Coffee Grounds. *Desalination and Water Treatment* 52 (25/27): P 4920–4927
- Boulal, H., El Mourid, M., Rezgui, S., Zeghouane, O., (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition: ITGC, INRA Algérie et ICARDA : P 176.
- Bourras, L., (2001).** Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques genotypes de blé dur – Thèse de Magistère – INA El Harrach.
- Boyhan, G., Tate, S., Westerfield, R., (2011).** Growing vegetables organically. The University of Gorgiae College of agricultural and environmental sciences & family and consumer sciences .Cooperative extension bulletin.
- Bozzini, A., (1988).** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G.& Lintas C. (Ed). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : P 1-16.
- Buckley, T.N., (2005).** The control of stomata by water balance. *The New phytologist*, Vol. 168: P 275- 292.
- Cafes-lebonifieur. (2017).** Les différences entre café Arabica et Robusta. Consulté le 07/10/2022, sur <https://www.cafes-lebonifieur.fr/blog/news/difference-cafe-arabica-robusta-bonifieur>.
- Chaves, M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., (2003).** Understanding plant responses to drought- from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, Vol. 30: P 239-264.
- Chaves, M., Flexas, J., Pinheiro, C., (2009).** Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, Vol. 103: P 551-560.
- Chevallier, A., (1862).** Du café : son historique, son usage, son utilité, ses altérations, ses succédanés et ses falsifications. Baillière.
- Chu, Y.F.E., (2012).** Coffee: emerging health effects and disease prevention (Vol. 59). John Wiley & Sons.
- Clarke, J.M., Romagosa, I., Jana, S., Srivastava, J.P., Mc Caig, T.N., (1989).** Relation of excised leaf water loss rate and yield of durum wheat in diverse environments, *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 69: P 1057-1081.
- Clement, J.M., (1981).** Larousse Agricole. P 115-119.
- Clifford, M.N., Willson, K.C., (1985).** Biochemistry and Production of Beans and Beverage, Croom Helm, London, P 3.

- Crête, P., (1965).** Précis de botanique .Tome II, systématique des angiospermes .2 Ed .Paris : P 11-38.
- Cruz, R., Cardoso, M.M., Fernandes, L., Oliveira, M., Mendes, E., Baptista, P., Morais, S., Casal, S., (2012).** Espresso coffee residues: A valuable source of unextracted compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(32), P 7777–7784. <https://doi.org/10.1021/jf3018854>
- Delgado-Andrade, C., Rufián-Henares, J.A., Morales, F.J., (2005).** Assessing the antioxidant activity of melanoidins from coffee brews by different antioxidant methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), P 7832-7836.
- Doucet, N., (2011).** Connaissez-vous le marc de café ? Café Vrac.com / <https://cafe-vrac.com/2011/02/27/connaissez-vous-le-marc-de-cafe/>
- Doucet, R., (2006).** Le climat et les sols agricoles. Ed. Berger, Eastman, Québec. xv, P 443.
- Dubcovsky, J., Dvorak, J., (2007).** Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science*, 316(5833), P 1862-1866.
- DuPont, F.M., Altenbach, S.B., (2003).** Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of cereal science*, 38(2), P 133-146.
- Duthil, J., (1973).** Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillière. P 654.
- Ekita café.** Methode torrefaction cafe. Consulté le 10/07/2022, sur <https://www.ekita-cafe.com/methode-torrefaction-cafe.htm>.
- Erroux, J., (1960).** Introduction au catalogue de blé dur cultivé en Algérie. P 35.
- Esraa, (2018).** (2018, 11 26). ما هي طرق الفلاحة البيولوجية. Consulté le 30/08/2022, sur <https://www.almsal.com/post/741578>
- Ezzahiri, B., (2001).** Les maladies du blé: identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. *Transfert de technologie en agriculture*, 77, P 1-4.
- F.A.O., (1999).** Food and Agriculture Organization, United Nations, Economic Section, Social, EMI. Organic agriculture .Rome, 25-29 January 1999.
- F.A.O., (2022).** Statistical database of the food and Agriculture Organization of the United Nations. Consulté le 28/07/2022 sur, <http://www.fao.org>.
- Feillet, P., (2000).** Le grain de blé: composition et utilisation. Editions Quae.
- Feillet, P., (2007).** La nourriture des Français, De la maîtrise du feu ... aux années 2030, Editions QUAE, P 245.
- Feldman, M., Sears, E.R., (1981).** The wild gene resources of wheat. *Scientific American*, 244(1), P 102-113.

- Filetbleu.** (2011). recolte. Consulté le 07/15/2022, sur <http://www.filetbleu.com/recolte-4.html>.
- Fischer, M., Reimann, S., Trovato, V., Redgwell, R.J.,** (2001). Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee beans. *Carbohydrate Research*, 330(1), P 93-101.
- Franca, B., Adriana, S., Leandro, S., Oliveira. G.,** 2019. « Coffee ». In *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*, P 413-38. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00017-4>
- Gabriel, C.J.,** (2008). Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse foliaire : De l'utilisation expérimental des relations A/Ci et A/Cc: P 4-5.
- Gate, P.,** (1995). *Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture*. Ed Lavoisier. P 429.
- Gervy, R.,** (1970). *Les phosphates et l'agriculture*. Edition DUNOD, Paris. P 298.
- Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W.,** (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and fertility of soils*, 35(4), P 219-230.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M.,** (1998). Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia horticultrae*, 78(1-4), P 127-157.
- Grignac, P.H.,** (1965). Contribution d l'étude de *Triticum durum* (Desf) Thèse d'état en Agronomie.
- Greweling, T., Peech, M.L.,** 1960. *Chemical Soil Test*. Agriculture Experiment Station, Cornell University, Ithaca: 960.
- Haler, P.N.G.,** (2013). *Le café : les effets bénéfiques et néfastes sur la santé* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Hamza, M.,** (1977). Action de différents régimes d'apport du chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses : *Phaseolus vulgaris* (sensible) et *Hedysarum carnosum* (tolérante) : relations hydriques et relations ioniques (Doctoral dissertation).
- Han, G., Cui, B.X., Zhang, X.X., Li, K.R.,** (2016). The effects of petroleum-contaminated soil on photosynthesis of *Amorpha fruticosa* seedlings. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(10), P 2383-2392.
- Harlan, J.R.,** (1976). Barley. In: *Evolution of crop plants*. NW. Simmonds, ed. Longman Inc; New York: P 143-150.
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., Komes, D.,** (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food chemistry*, 129(3), P 991-1000.

- Heiser, C.B., (1990).** Seeds to civilization: The story of man's food. Freeman, San Francisco. P 67-79.
- Henry, Y., De Buyser, J., (2000).** « L'origine des blés », Pour la science, Hors - série N°26, janvier, P 60-62.
- Hensler, R.F., Olsen, R.J., Attoe, O.J., (1970).** Effect of Soil pH and Application Rate of Dairy Cattle Manure on Yield and Recovery of Twelve Plant Nutrients by Corn 1. *Agronomy Journal*, 62(6), P 828-830.
- Higdon, J.V., Frei, B., (2006).** Coffee and health: a review of recent human research. *Critical reviews in food science and nutrition*, 46(2), P 101-123.
- Hodgson, L., (2011).** Le pour et le contre du marc de café.
- Huet, O., Obata, R., Aubron, C., Spraul-Davit, A., Charpentier, J., Laplace, C., Duranteau, J., (2007).** Plasma-induced endothelial oxidative stress is related to the severity of septic shock. *Critical care medicine*, 35(3), P 821-826.
- Ico. (2022).** Aspects botaniques About Coffee. Consulté le jour 04/07/2022, sur https://www.ico.org/fr/botanical_f.asp.
- Iris, M., (2019).** *Coffe arabica*. Consulté le jour 13/07/2022, sur <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/cafeier,1864.html> Caféier,
- J.O.U.E., (2008).** Journal officiel de l'Union européenne. Accord international de 2007 sur le café.
- Jardins de France. (2020).** Fleur de café au jardin botanique. Consulté le 8/10/2022, sur www.jardinsdefrance.org/le-cafe-arabica-origine-et-varietes/fleur_de_caf__au_jardin_botanique_kit___karlsruhe_allemande_h-_zell_cc_by_3-0-min-3/
- Jones, J.D., Hulme, A.C., (1961).** Preparation of mitochondria from the peel of apples. *Nature*, 191(4786), P 370-372.
- Kasongo, R.K., Verdoodt, A., Kanyankagote, P., Baert, G., Ranst, E.V., (2011).** Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. *Soil use and Management*, 27(1), P 94-102.
- Kemsley, E.K., Ruault, S., Wilson, R.H., (1995).** Discrimination between *Coffea arabica* and *Coffea canephora* variant robusta beans using infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 54(3), P 321-326.
- Khalid, K., (2010).** Le café : Marché et tendances. *Revue de la filière agroalimentaire. Food Magazine*. 19: 24-55. P 24.
- Kim, M.S., Min, H.G., Koo, N., Park, J., Lee, S.H., Bak, G.I., Kim, J.G., (2014).** The effectiveness of spent coffee grounds and its biochar on the amelioration of heavy metals-

- contaminated water and soil using chemical and biological assessments. *Journal of environmental management*, 146, P 124-130.
- Kim, T.H., Böhmer, M., Hu, H., Nishimura, N., Schroeder, J.I., (2010).** Guard cell signal transduction network: advances in understanding abscisic acid, CO₂, and Ca²⁺ signaling. *Annual review of plant biology*, 61, P 561.
- Kito, M., Yoshida, S., (1997).** Effect of coffee residue on the growth of several crop species. *Journal of Weed Science and Technology*, 42(1), P 25–30. <https://doi.org/10.3719/weed.42.25>
- Kitou, M., Okuno, S., (1999).** Effect of Mulching with Coffee Residue on the Growth of Soybeans and Growth of Following Crops Fertilized with Coffee Residue: Study on Agricultural Utilization of Coffee Residue (part 2). *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 70 (5): P 495–503.
- Kiyonori, H., (1990).** Production of compost from organic waste. food and fertilizer. *Technology Centre Extension Bulletin*, 311, P 1-17.
- La machine à café. (2020).** Achat de café en grains : Comment choisir son niveau de torréfaction. Consulté le 7/12/2022, sur <https://lamachineacafe.ca/blogs/cafe/achat-de-cafe-en-grains-comment-choisir-son-niveau-de-torrefaction>
- La vie naturelle. (2022).** caféier (coffea) la vie naturelle consulté le 11/08/2022 sur <https://www.la-vie-naturelle.com/plantes-13/cafeier-13-87.html>.
- Lambert, J.C., (1979).** La fertilisation phosphatée. *Revue Cultivar*. N °115, P 96-97.
- Lang, A., (1965).** Effects of some internal and external conditions on seed germination. In *Differenzierung und Entwicklung/Differentiation and development* (P 2495-2540). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Linda, C.S., (2015).** Coffee grounds will they perk up plants?, Page 4. <https://web.archive.org/web/20170721132711/https://puyallup.wsu.edu/wp-content/uploads/sites/403/2015/03/coffee-grounds.pdf>
- Liu, K., Price, G.W., (2011).** Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds. *Bioresource technology*, 102(17), P 7966-7974.
- Lopez, C., Scheen, A., (2008).** *Revue Médicale de Liège*.
- M.A.D.R., (2020).** Statistiques agricole série B du Ministère de l’agriculture et du développement rural. Consulté le 28.08.2022 sur : <http://madrp.gov.dz/recherche-et-developpement/developpement-agricole/>
- Mahajan, S., Tuteja, N., (2005).** Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of biochemistry and biophysics*, 444(2), P 139-158.

- Maison du café. (2022).** Tout savoir sur la culture et la récolte du café à travers le monde. Consulté le 09/07/2022 sur, <https://www.maisonducafe.com/cafes/culture>.
- Manach, C., Mazur, A., Scalbert, A., (2005).** Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current opinion in lipidology*, 16(1), P 77-84.
- Martins, L.D., Tomaz, M.A., Lidon, F.C., DaMatta, F.M., Ramalho, J.C., (2014).** Combined effects of elevated [CO₂] and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. *Climatic Change*, 126(3), P 365-379.
- Mary, B., Christine, M., Catherine, A., (2001).** Le grand livre du café. France: Manise. Minerva. Ed 1, P 156.
- Mazliak, P., (1982).** Physiologie Végétale : nutrition et métabolisme biochimique des cultures tropicales. MERNION: P 59-60.
- Mazliak, P., (1998).** Physiologie végétale ; croissance et développement. Hermann. P 150.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Dehbi, F., Hannachi, A., (2001).** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In Proceeding séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Bouaghi, Vol. 23, P 75-80.
- Mekliche, A., (1983).** Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère. *INA Alger*.
- Mennen, L., Scalbert, A., (2007).** A new food composition table for dietary polyphenols. 10th.
- Michaud, D.S., Giovannucci, E., Willett, W.C., Colditz, G.A., Fuchs, C.S., (2001).** Coffee and alcohol consumption and the risk of pancreatic cancer in two prospective United States cohorts. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 10(5), P 429-437.
- Michelle, J., Martine, S.G., Daniel, D., (2003).** Terres de café. The leading information portal on coffee science. *Chemistry*. 1: P 120-127.
- Miège, É., (1950).** Les principales espèces et variétés de Blé cultivées en Afrique du Nord. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 30(327), P 16-38.
- Monneveux, P., (1991).** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique dans la tolérance au déficit hydrique des céréales les outils d'amélioration des plantes par l'adaptation aux milieux arides. AUPELI'-UREF. John Libbey Eurotes: P 165-186.
- Monneveux, P., (1992).** Croissance et développement du blé. Document interne INRA, P 38.
- Monneveux, P., (2002).** Bilan d'activités du laboratoire sur le thème : amélioration de la tolérance a la sécheresse du blé sur. UER de génétique et amélioration des plantes, ENSA - INRA Montpellier.36. P322.

- Monties, B., (1974).** Etude de quelques relations entre polyphénols et photosynthèse : présence, compartimentation et métabolisme des polyphénols dans les chloroplastes. Thèse Docte. Etat, Orsay, 1974, P 119.
- Morikawa, C.K., Saigusa, M., (2008).** Recycling coffee and tea wastes to increase plant available Fe in alkaline soils. *Plant and soil*, 304(1), P 249-255.
- Morikawa, C.K., Saigusa, M., (2011).** Recycling coffee grounds and tea leaf wastes to improve the yield and mineral content of grains of paddy rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(11), P 2108-2111.
- Mortet, A., (2019).** Etude du rôle de quelques plantes graminées et légumineuses dans la phytoremédiation des sols pollués par les hydrocarbures (Doctoral dissertation, Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem. P 59-121.
- Moughli, L., (2000).** Les engrais minéraux ; Caractéristiques et Utilisations. *Bulletin*, P 72.
- Mussatto, S.I., Machado, E., Martins, S., Teixeira, J.A., (2011).** Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), P 661-672.
- Nagaoka, T., Umezu, K.I., Kouno, K., Yoshida, S., Ishiguro, Y., Ando, T., (1996).** Selective inhibitors of germination of legume seeds in activated sludge compost. *Plant growth regulation*, 20(3), P 295-302.
- Naville, M., (2005).** La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé. Travail Réalisé dans le Cadre des Projets Personnels Encadrés.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A., (2001).** Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource technology*, 76(2), P 107-112.
- Nehlig, A., (2014).** Café et Médecine en 20 questions. *Expressions Santé*. P 34-67.
- Olioso, A., (2006).** Spatialisation des transferts sol-végétation-atmosphère de l'échelle de la parcelle à celle du paysage agricole en combinant modèles de fonctionnement de la végétation et du sol, modèles de transfert radiatif et systèmes de mesure de télédétection (Doctoral dissertation, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse).
- Ondo, E., (2014).** Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain, thèse de doctorat, université de Bourgogne
- Osborne, J.M., Fox, J.E.D., Mercer, S., (1993).** Germination response under elevated salinities of six semi-arid blue bush species (Western Australia). In: Lieth H. & Al Masoom A. (Eds), *Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: P 521.

- Ouanzar, S., (2012).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Université: Ferhat Abbas Sétif. Mémoire: de Magister. Option: Production Végétale et Agriculture de Conservation.*
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R., Roussos, S., (2000).** Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*, 6(2), P 153-162.
- Perez-Jimenez, J., Fezeu, L., Touvier, M., Arnault, N., Manach, C., Hercberg, S., Scalbert, A., (2011).** Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *The American journal of clinical nutrition*, 93(6), P 1220-1228.
- Pictav, S.J., (1856).** Bulletin de l'Algérie. 1 ère édition. Just Rouvier, libraire éditeur, Paris, P 405.
- Pietinen, P., Aro, A., Tuomilehto, J., Uusitalo, U., Korhonen, H., (1990).** Consumption of boiled coffee is correlated with serum cholesterol in Finland. *International journal of epidemiology*, 19(3), P 586-590.
- Prats, H., (1960).** Vers une classification naturelle des Graminées. *Bulletin de la Société botanique de France*, 107(1-2), P 32-79.
- Proyecto del cafe. (2011).** Anatomie de cerise. Consulté le 08/10/2022, sur <http://proyectedelcafe.blogspot.com/2011/04/grano-de-cafe.html>
- Ratnayake, W.M.N., Pelletier, G., Hollywood, R., Malcolm, S., Stavric, B., (1995).** Investigation of the effect of coffee lipids on serum cholesterol in hamsters. *Food and chemical toxicology*, 33(3), P 195-201.
- Rizvi, S.J.H., Mukerji, D., Mathur, S.N., (1981).** Selective phyto-toxicity of 1,3,7 trimethylxanthine between *Phaseolus mungo* and some weeds. *Agricultural and Biological Chemistry*, 45(5), P 1255-1256.
- Robert, D., Gate, P., François, C., (1993).** Les stades du blé – Brochure de l'ITCF.
- Rozema, J., Van de Staaij, J., Björn, L.O., Caldwell, M., (1997).** UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation. *Trends in ecology & evolution*, 12(1), P 22-28.
- Ruel, T., (2006).** Document sur la culture du blé. Educagri. P 18.
- Ryu, E.M., Choi, H.S., Shin, H.J., (2014).** Effect of coffee grounds' residue on the growth and chlorophyll content of Korean wheat sprout. *KSBB Journal*, 29(2), P 106-111.
- Saad, S.I., (1946).** Le livre des plantes à fleurs, leur origine, évolution et classification, Dar Al- Fikr Al-Arabi, P 626.

- Sacchetti, G., Di Mattia, C., Pittia, P., Mastrocola, D., (2009).** Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *Journal of Food Engineering*, 90(1), P 74-80.
- Sameh, M., Rayda, C., Ben Mbarek, H., Khlifi, M., Soua, N., Gargouri, K., (2019).** Effet de l'ajout d'amendements organiques sur les propriétés physicochimiques du sol. P 12.
- Sayoud, R., Ezzahiri, B., Bouznad, Z., (1999).** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb, Guide Pratique. Projet Maghrébin sur la Surveillance des Maladies et le Développement de Germoplasme Résistant des céréales et des Légumineuses Alimentaires. PNUD RAB/91/007 Maroc-Algérie-Tunisie. Trames Ed, Algérie. P 64.
- Scippa, G., Di-Michele, M., Onelli, N.E., Patrignani, G., Chiatante, D., Bray, E., (2004).** The histone-like protein H1-S and the response of tomato leaves to water deficit. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55: P 109.
- Shakeel, A.A., Xiao-yu, X., Long-chang, W., Muhammad, F.S., Chen, M., Wang, L., (2011).** Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African journal of agricultural research*, 6(9), P 2026-2032.
- Silabdi, S., (2010).** Purification et caractérisation d'antioxydants naturels en vue d'une valorisation nutritionnelle (Doctoral dissertation, Blida).
- Simon, H., Codaccioni, P., Lecoœur, X., (1989).** Produire des céréales à pailles, Science Technique et Application, Lavoisier.
- sindicafe. (s.d.).** História do Café. Consulté le 7/28/2022, sur <https://sindicafe.com.br/historia-do-cafe/>.
- Soltner, P., (1988).** Les grandes productions végétales, les collections sciences et techniques agricoles. the role of proline accumulations in halophytes planta.
- Soltner, D., (1990).** Les grandes productions végétales. 17^{ème} édition. Sciences et techniques agricoles. France, P 21-25.
- Soltner, P., (2005).** Les bases de la production végétale : La plante et son amélioration. 4^{ème} Ed. Collection et Techniques Agricoles. P 248.
- Syndicat français du café. (2021).** Les étapes de fabrication du café. Consulté le 20/07/2022 sur <https://www.syndicatfrancaisducafe.com/les-etapes-de-fabrication-du-cafe/>.
- Tavani, A., La Vecchia, C., (2000).** Coffee and cancer: a review of epidemiological studies, 1990-1999. *European Journal of Cancer Prevention*, 241-256.
- TECHNO-SCIENCE.** Glossaire-définition Cafeier. Consulté le 13/07/2022, sur <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Cafeier.html>.
- Théron, A., (1964).** Botanique (classe de 2eM) Ed : Bordas. P 121-141/287

- Thorn, J., (2002).** Le café : le guide du connaisseur. Modus Vivendi.
- Tokopedia., (2019).** Graines des deux principales variétés du café ; Arabica et Robusta. Consulté le 8/12/2022, sur <https://www.tokopedia.com/blog/review-perbedaan-kopi-robusta-arabika/>
- Tombarkiewicz, B., Antonkiewicz, J., Lis, M.W., Pawlak, K., Trela, M., Witkowicz, R., Gorczyca, O., (2022).** Chemical properties of the coffee grounds and poultry eggshells mixture in terms of soil improver. *Scientific Reports*, 12(1), P 1-10.
- Tout sur le café. (2019).** Arabica vs robusta. Consulté le 13/07/2022, sur <https://www.toutsurlecafe.fr/arabica-vs-robusta.html>.
- Tout sur le café. (2019).** Fruits du café, appelés « cerises ». Consulté le 8/10/2022, sur <https://www.toutsurlecafe.fr/le-cafeier-larbre-ses-fleurs-ses-fruits.html>
- Tout sur le café. (2019).** Principaux pays consommateurs, consulté le 14/08/2022, sur <https://www.toutsurlecafe.fr/>.
- Léger, S. (2013).** Apprécier les qualités organoleptiques des aliments. Centre collégial de développement de matériel didactique.
- Urgert, R., Katan, M.B., (1997).** The cholesterol-raising factor from coffee beans. *Annual review of nutrition*, 17, P 305.
- Viaux, P., (1999).** Une 3ème voie en Grande Culture. Environnement-Qualité-Rentabilité. Agridécisions.
- Vilain, M., (1989).** La production végétale. Volume 2. La maîtrise technique de la production. Agriculture d’Aujourd’hui, Sciences, Techniques, Applications. Agence francophone pour l’enseignement supérieur et la recherche AUPELF. UREF, Technique et Documentation. Lavoisier.
- Wakasawa, H., Takahashi, K., Mochizuki, K., (1998).** Application and composting conditions of coffee grounds, 1: application of coffee grounds in soil. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Japan)*. P 96.
- Wayne, S.C., (1995).** Crop Production. John Wiley and Sons, P 60-62.
- Woolcott, C.G., King, W.D., Marrett, L.D., (2002).** Coffee and tea consumption and cancers of the bladder, colon and rectum. *European journal of cancer prevention*, P 137-145.
- Yamane, K., Kono, M., Fukunaga, T., Iwai, K., Sekine, R., Watanabe, Y., Iijima, M., (2014).** Field evaluation of coffee grounds application for crop growth enhancement, weed control, and soil improvement. *Plant Production Science*, 17(1), P 93-102.
- Youssef, H., (2022).** Guide du café 101. <https://www.coffee4arab.com/coffee-101/> ,

Zahri, S., Farih, A., Douira, A., (2014). Statut des principales maladies cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013. *Journal of Applied Biosciences*, 77, P 6543-6549.

Zampelas, A., Panagiotakos, D.B., Pitsavos, C., Chrysohoou, C., Stefanadis, C., (2004). Associations between coffee consumption and inflammatory markers in healthy persons: the ATTICA study. *The American journal of clinical nutrition*, 80(4), P 862-867.

هيثم الوعر وفخر عياد، (2020). أهم اسس وقوانين الفلاحة البيولوجية. الفلاحة البيولوجية العدد 06، الصفحة 21.

Annexes

Annexe 1. Protocoles du dosage des paramètres étudiés

1) Protocole de la Teneur Relative en Eau TRE (Relative Water Content RWC)

La teneur relative en eau (RWC) est déterminée par le pourcentage d'eau présent dans la feuille (**Barrs et Weatherley, 1962 ; Scippa et al., 2004**). Cette méthode consiste à couper les feuilles à la base de limbe puis de peser ces feuilles (poids frais PF), l'extrémité sectionnée est trempée dans des tubes contenant de l'eau distillée et portée à l'obscurité à 4 °C pendant 24 heures afin d'obtenir un taux maximal de réhydratation. La feuille est retirée et passée dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface puis pesée à nouveau pour déterminer le poids à saturation (poids en pleine turgescence PT). Chaque échantillon est ensuite mis à sécher à l'étuve pendant 48 heures à 80 °C puis pesée une dernière fois (poids sec PS). La teneur relative en eau (RWC) est calculée selon la formule de **Clarke et Mc-caig, 1982**.

2) Protocole du Taux de Déperdition d'Eau (Relative Water Loss) RWL

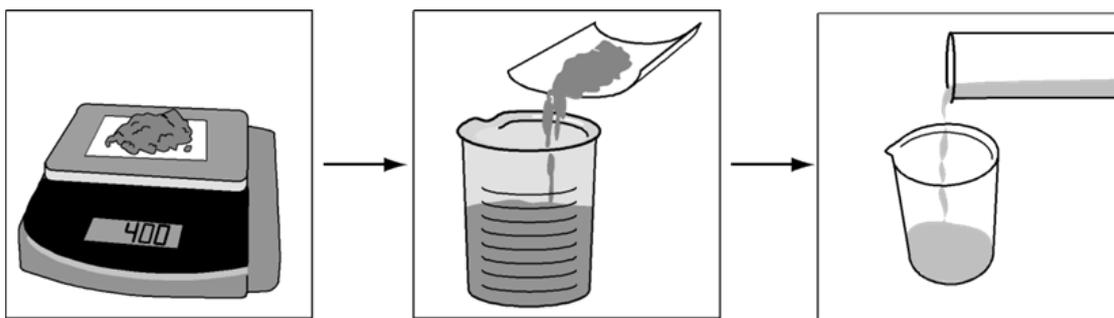
La perte d'eau par transpiration (RWL) est évaluée selon la méthode de **Clarke et al., 1989**. Les feuilles sont coupées à la base de limbe et trempées dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et portées à l'obscurité pendant 24 heures pour peser le poids de turgescence initiale (PI). Ensuite, elles sont placées sur une paille au laboratoire à température ambiante. Les feuilles sont pesées à trois temps différents : après 30 min (RWL30), après 60 min (RWL60) et après 120 min (RWL120). Chaque feuille est mise dans l'étuve à 80 °C pendant 24 heures. Puis, on les pèse (c'est le poids sec PS). Les valeurs de déperdition sont déterminées par la formule de **Monneveux, 1991**.

3) Protocole de la Matière sèche (MS)

Les plantes sont retirées et rincées de tous déchets et bien essuyées en utilisant du papier buvard, ensuite on procède à leur pesée (c'est le poids total frais PF). Les échantillons sont ensuite mis à sécher à l'étuve à 80 °C pendant 24 heures, puis ils sont pesés (c'est le poids total sec PS). La matière sèche (MS) a été évaluée par la formule suivante de **Afnor, 1982**.

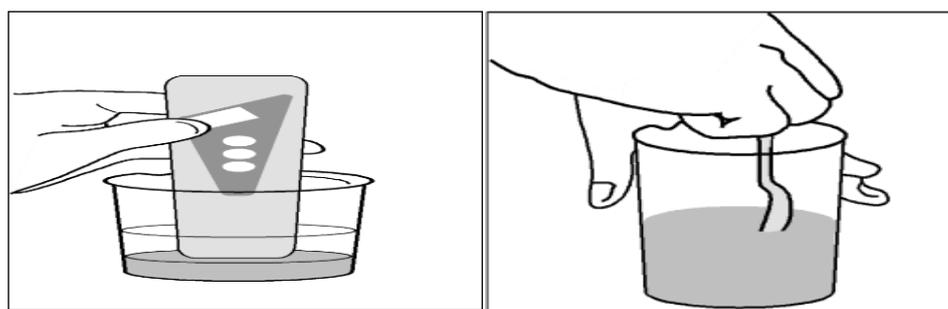
4) Protocole de mesure du pH du sol

Dans un bécher, mélanger 40 g du sol séché et tamisé avec 40 ml d'eau distillée (ou une quantité toujours en proportion 50-50 avec le sol) avec une cuillère ou tout autre ustensile utilisé pour transférer le sol.



Remuez le mélange sol/eau avec une cuillère ou autre jusqu'à ce qu'il soit totalement mélangé. Remuez le mélange sol/eau pendant 30 secondes puis attendez pendant trois minutes et répétez cinq fois ce cycle remuer/attendre. Ensuite, laissez le mélange reposer jusqu'à ce qu'une couche surnageante (liquide plus clair au-dessus du sol) se forme (environ 5 minutes).

Mesurez le pH de la couche surnageante en utilisant le pH-mètre. Plongez le pH-mètre calibré dans la couche surnageante et relevez la mesure du pH. Reportez-la sur votre fiche de relevée de données du pH du sol. Il faut mettre des gants pour calibrer le pH-mètre



Répétez les étapes de 1 à 3 pour les deux autres échantillons du même horizon.

5) Tableaux de références pour l'étude du sol basés sur USDA (US Department of Agriculture)

Tableau 1. Classes du pH du sol.

Valeur du pH	Statut Acido-Basique du sol
$\text{pH} \leq 5,5$	Très acide
$5,5 < \text{pH} \leq 6,0$	Acide
$6,0 < \text{pH} \leq 6,5$	Peu acide
$6,5 < \text{pH} \leq 7,0$	Neutre
$7,0 < \text{pH} \leq 7,5$	Peu alcalin
$\text{pH} > 7,5$	Alcalin

Tableau 2. Classes de la matière organique (MO) dans le sol.

Taux de matière organique en (%)	Interprétation
MO < 1	Très pauvre
1 < MO ≤ 2	Pauvre
2 < MO ≤ 3	Moyenne
MO > 4	Riche

Tableau 3. Classes texturales du sol.

Texture du sol	Sable	Limon (silt)	Argile	Classe texturale
Sol sableux (Texture grossière)	86 – 100	00 – 14	00 – 10	Sable
	70 – 86	00 – 30	00 – 15	Sable limoneux
Sol limoneux (modé- rement grossière)	50 – 70	00 – 50	00 – 20	Limon sableux
Sol limoneux (Texture moyenne)	23 – 52	28 – 50	07 – 27	Limon
	20 – 50	74 – 88	00 – 27	Limon silteux
	00 – 20	88 – 100	00 – 12	Limon très fin (silt)
Sol limoneux (modé- rement fine)	20 – 45	15 – 52	27 – 40	Limon argileux
	45 – 80	00 – 28	20 – 35	Limon sablo-argileux
	00 – 20	40 – 73	27 – 40	Limon silto-argileux
Sol argileux (Texture fine)	45 – 65	00 – 20	35 – 55	Argile sableuse
	00 – 20	40 – 60	40 – 60	Argile silteuse
	00 – 45	00 – 40	40 – 100	Argile

Annexe 2. Planches et Photos de l'expérimentation

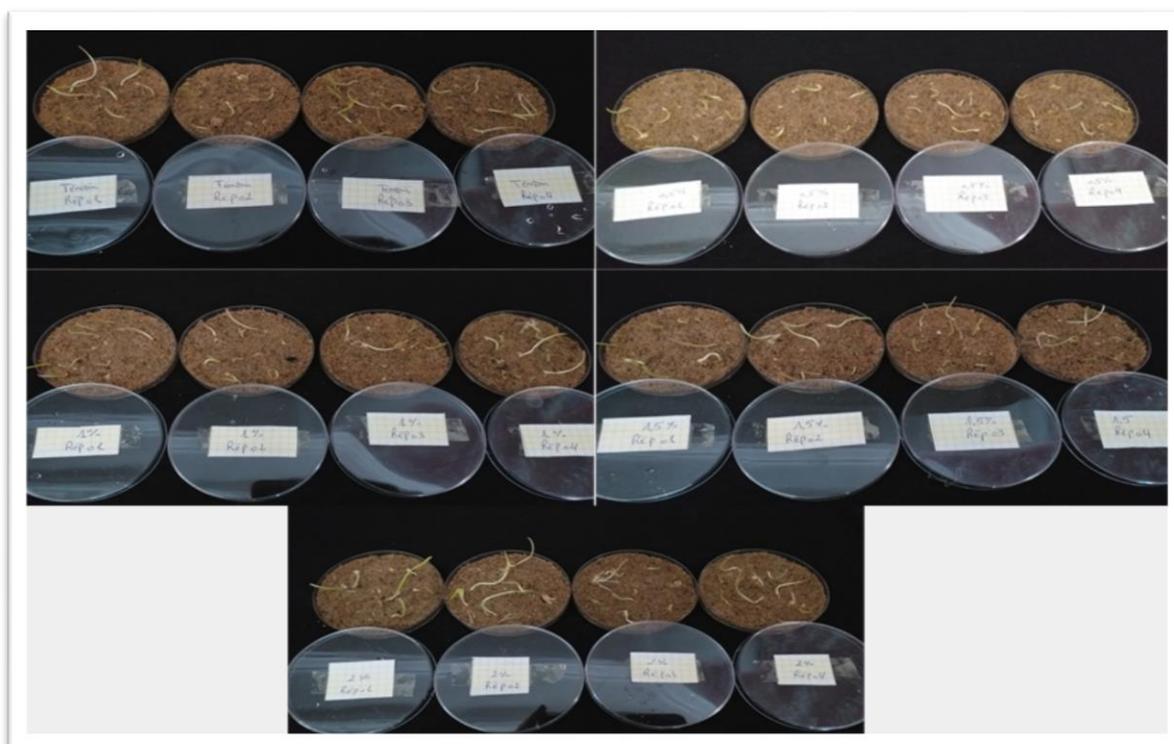


Planche 01. Les plantules de blé après 4 jours de germination sous l'effet de marc du café

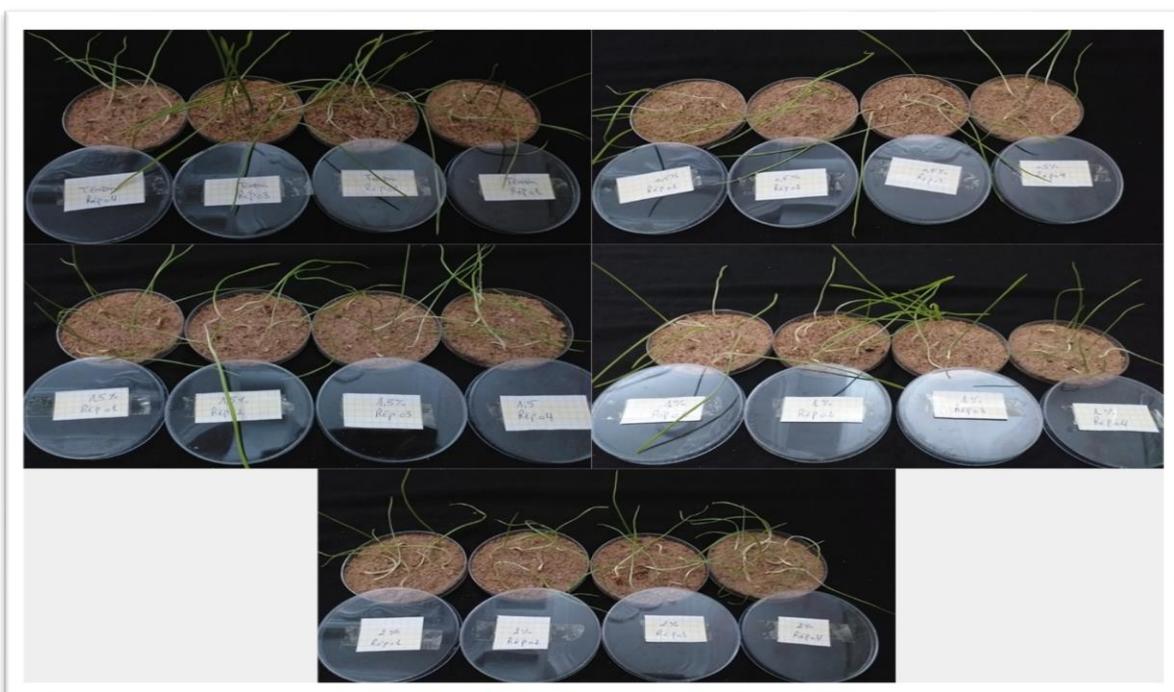


Planche 02. Les plantules de blé après 8 jours de germination sous un effet de marc du café.



Planche 03. Les plantes de blé dur après 03 semaines.



Planche 04. Les plantes de blé dur après 07 semaines.

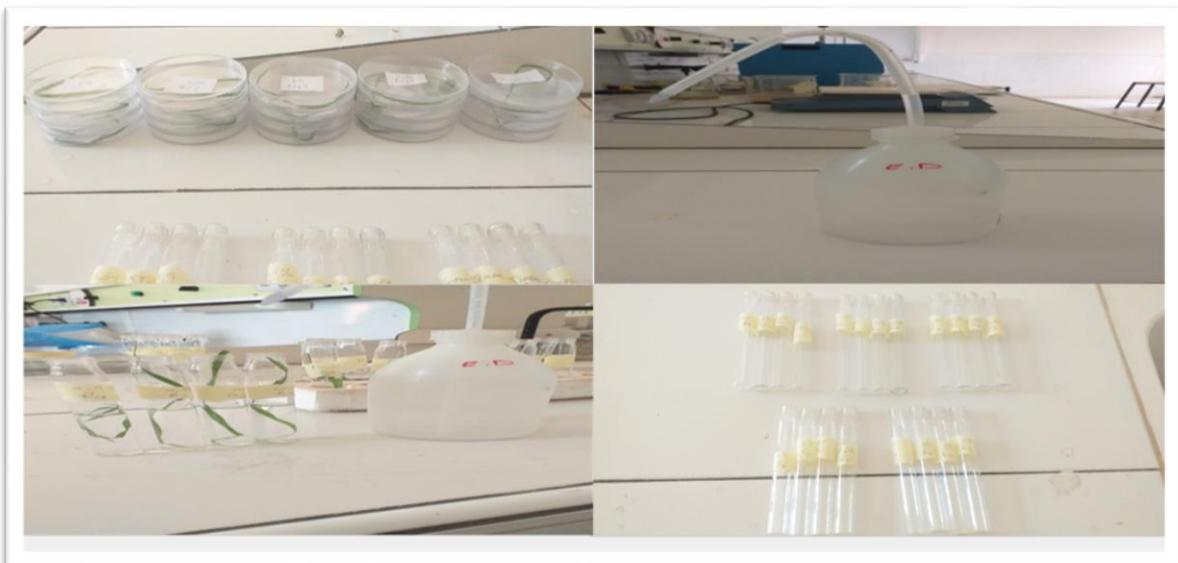
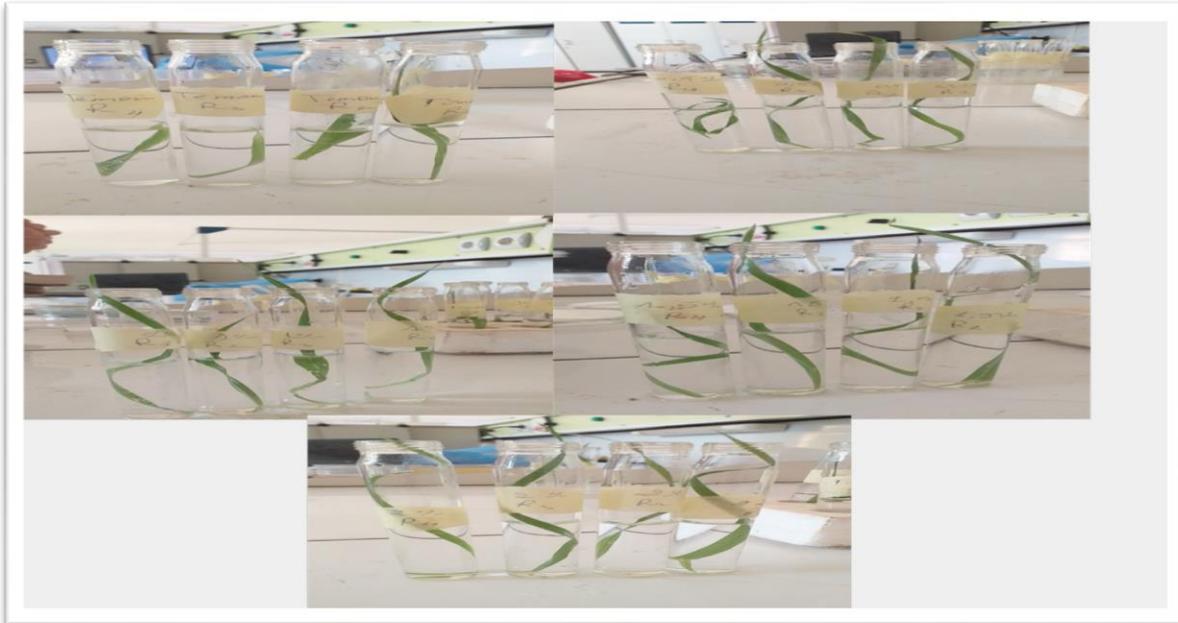


Planche 05. Calcul du RWC et RWL de blé dur.

Annexe 3. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Taux de germination final »

Tableau 04 : Analyse de l' de l'Ecart-type du taux de germination des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
Taux de germination	83.33	80	86.67	90	90
Ecart-type	11.55	0	5.77	0	10

Annexe 4. Traitements statistiques de l'Ecart-type des résultats du paramètre « Cinétique de germination » des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

Tableau 05 : Analyses de la cinétique de germination pendant 9 jours des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	j1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
témoin	0	0	2	15	23	24	25	25	25
D0,5%	0	0	3	14	19	22	23	24	24
D1%	0	0	8	20	25	26	26	26	26
D1,5%	0	0	7	18	26	26	27	27	27
D2%	0	0	12	19	26	27	27	27	27

Annexe 5. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Vitesse de germination ».

Tableau 6 : Analyses de la vitesse de germination des graines des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
Vitesse de germination	4	4.33	4	4	3.33
Ecart-type	0	0.33	0	0	0.33

Annexe 6. Traitements statistiques des résultats de la « Moyenne journalière de germination ».

Tableau 7 : Analyses de la moyenne journalière de germination des graines des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
MDG	15.22	14.22	17.33	18	19.33
Ecart-type	1.35	1.54	1.15	0	1.15

Annexe 7. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Cinétique de nombre de feuilles » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 8 : Analyses de la cinétique de nombre de feuilles de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	j15	J22	J29	J36	J43	J50	J57	J64	J71	j78
témoin	1.55	6.53	14.36	21	23.33	28.7	30.8	30.8	30.8	30.8
D0,5%	2.45	9.3	18.23	22.3	25.36	31.1	33.36	33.36	33.36	33.36
D1%	2.82	10.46	19.16	22.9	27	32	34.25	34.25	34.25	34.25
D1,5%	3.8	10.56	17	23.2	27.37	31.5	38.85	38.85	38.85	38.85
D2%	4.87	11.37	17.5	22.1	25.65	33.4	35.1	35.1	35.1	35.1

Annexe 8. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Surface foliaire totale » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 9 : Analyses de la surface foliaire totale de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
Surface foliaire	3.08	5.51	5.67	6.2	5.7
Ecart-type	0.27	0.5	0.27	0.88	0.1

Annexe 9. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Longueur aérienne, racinaire et totale » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 10 : Analyses de la longueur totale de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
longueur totale	29.37	37.67	43.83	33.67	37.07
longueur aérienne	16.3	24.43	27.33	21	23
longueur racinaire	10.07	13.23	13.5	12.67	11.1

Annexe 10. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Teneur relative en eau RWC » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 11 : Analyses de la teneur relative en eau RWC de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
RWC (%)	48.69	57.45	57.18	59.31	61.84
Ecart-type	1.5	1.58	6.14	5.18	5.59

Annexe 11. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Taux de déperdition d'eau RWL » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 12 : Analyses du taux de déperdition d'eau RWL30 de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0,50%	1%	1,50%	2%
RWL30	0,0257	0,0103	0,0082	0,0159	0,0061
RWL60	0,0175	0,0073	0,0073	0,0077	0,0054
RWL120	0,0126	0,0057	0,0049	0,0056	0,0044

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
Ecart-type RWL30	0.0025	0.0018	0.0015	0.0015	0.0014
Ecart-type RWL60	0.0031	0.0022	0.0021	0.0013	0.0014
Ecart-type RWL120	0.0018	0.0014	0.001	0.0014	0.0019

Annexe 12. Traitements statistiques des résultats du paramètre « Matière sèche MS » de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 13 : Analyses de la matière sèche MS de la partie racinaire de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
MS	15.71	15.98	18.09	16.55	19.87
Ecart-type	0.57	1.63	3.7	2.45	3.57

Annexe 13. Traitements statistiques des résultats du paramètre «Déficit hydrique de saturation DHS» de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous l'effet du marc de café.

Tableau 14 : Analyses du déficit hydrique de saturation (DHS) de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous un effet de marc du café.

	0%	0.50%	1%	1.50%	2%
DHS	51.3	42.52	36.5	40.68	38.15
Ecart-type	1.5	1.58	6.54	7.18	7.59