

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



## ***Mémoire de fin d'études***

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Productions Végétales

### ***Thème***

**Etude comparative de différents substrats naturels et leurs effets sur la germination et la production chez deux espèces : persil (*Petroselinum crispum*), et la coriandre (*Coriandrum sativum*)**

#### **Présenté par :**

M<sup>lle</sup> REDOUANE Cylia

M<sup>lle</sup> YAKOUBI Kenza

#### **Devant le jury :**

- M<sup>me</sup> GHEBBI-SISMAIL K. Maître de conférences A, à l'UMMTO - Promotrice
- M<sup>me</sup> MEDJDOUB BENSAAD F. Professeur à l'UMMTO - Présidente
- M<sup>f</sup> ALILI N. Maître-assistant, chargé de cours à l'UMMTO - Examineur

***Année universitaire : 2022/2023.***

# Remerciements

*Au terme de la rédaction de ce mémoire, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes notre reconnaissance qu'on doit à tous Ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et tous nos Remerciements à notre promotrice de mémoire, Docteur SISMAIL Karima née GHEBBI pour la confiance qu'elle nous a accordée en acceptant de nous encadrer, pour sa patience, son encouragement, ses précieux conseils, ses précieuses orientations, son temps, nous la remercions vivement et on souhaite la guérison pour sa petite fille.*

*Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury Mr Alili et M<sup>me</sup> Medjdoub Bensaad, pour l'honneur et le plaisir qu'ils nous accordent en acceptant de lire et de juger ce travail.*

*Sans oublier toute l'équipe d'enseignants de Production végétale que nous remercions énormément pour leur dévouement au sein de leur travail, pour les efforts qu'ils ont fournis durant ces années.*

*Nous ne remercierons jamais assez nos parents pour la confiance qu'ils nous ont accordée, les enseignements et les valeurs qu'ils nous ont inculquées. Pour les moyens financiers mis en œuvre, leurs engagements sans précédent, leurs soutiens moraux indispensables, pour qu'on puisse réussir dans nos études et dans tout ce qu'on entreprend. On leurs souhaite une longue et heureuse vie afin qu'ils soient témoins de notre succès.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# DEDICACES

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers, A mes très chers parents ; Aucun mot si sacré soit-il, ne suffira à apprécier à sa juste valeur, le soutien matériel et spirituel, les sacrifices que vous ne m'avez cessé de déployer. Je vous offre en guise de reconnaissance, ce modeste travail en vous souhaitant santé, bonheur et longue vie.*

*A mon idole, mon père, je dédie ce travail, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, J'espère qu'il accepte cet humble geste comme preuve de ma reconnaissance.*

*A ma chère mère, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*A mes chères sœurs Mélissa, Kahina, Nedjma, Tiziri, Thafrara et à mon cher et unique frère Massinissa, pour leurs encouragements, pour leurs enfants Amine, Yasmine, Axel, Louise, Maylisse, Syphax, Alice, Aris, Inès, Maxime ; ma source de motivation par excellence !*

*A mon cher fiancé Kamel qui m'a été d'un soutien indispensable, je te remercie chaleureusement et souhaite en faire autant pour toi et pour tout ce que notre merveilleuse union représente.*

*A ma binôme Cylia que j'estime beaucoup, qui a fait preuve de patience durant cette année et avec qui j'ai partagé le bon et le mauvais.*

*Et enfin à toute ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité, qui m'ont soutenu et qui me soutiennent encore.*

*Kenza*

# DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce mémoire  
particulièrement :*

*A mon cher père qui n'a jamais cessé de m'encourager et me pousser à être  
toujours la meilleure.*

*A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à toi ma chère maman.  
Toutes mes joies mon amour et ma reconnaissance.*

*Je les remercie énormément pour leur patience, leurs sacrifices et leur amour.*

*A mes adorables sœurs Zahra, Katia et Lamia.*

*A mes trois chers frères Ali, Koceila et Arezki.*

*A mon cher fiancé Nassim pour son encouragement, son soutien et son aide  
précieuse pendant toute la durée de mes études.*

*A ma binôme Kenza qui j'estime beaucoup, qui a fait preuve de patience durant  
cette année et avec qui j'ai partagé le bon et le mauvais.*

*Enfin, à tous mes les être qui me sont chers.*

*Cylia*

## *Liste des abréviations*

**APG** : Groupe de phylogénie des angiospermes.

**CTA** : Centre technique de Coopération agricole et rurale.

**UNIMER** : est une entreprise italienne qui produit et commercialise des engrais depuis 1969, et qui a toujours été leader dans le secteur des fertilisants écologiques.

**IRDA** : Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement.

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

**EIA** : Administration de l'information sur l'énergie.

**GNL** : Gaz Naturel Liquéfié.

**GPL** : Gaz Pétrolier Liquéfié.

**OPECST** : Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques.

**Kg** : kilogramme (Unité de mesure de masse).

**G/Kg** ; Gramme par Kilogramme.

**Kg/dm<sup>3</sup>** : kilogramme par décimètres cube.

**INRA** : Institut National Agronomique.

**C/N** : rapport carbone-azote.

**NPK** : azote-phosphore-potassium.

**MAT** : matières azotées totales.

**MS**: Matière Sèche.

**MG** : Matière Grasse.

**MA** : Matière Azotée.

**MO** : Matière Organique.

**MM** : Matière minérale.

**CB**: Cellulose brute.

**EST** : Extrait Sec Total.

**Ppm** : partie par million.

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Répartition géographique mondiale des Apiaceae (Iakhdar, 2011).....	04
<b>Figure 2</b> : Structure de la plante de persil (Goust, 2006) .....	05
<b>Figure 3</b> : Morphologie de la plante de la coriandre. ....	08
<b>Figure 4</b> : La Bio-méthanisation (Mugeniwabagara, 2015). ....	22
<b>Figure 5</b> : Bouchons et farine de Tourteaux de Soja ( <i>Glycine max</i> ).....	23
<b>Figure 6</b> : Décomposition de la matière organique dans le sol (Maxicours, 2022).....	32
<b>Figure 7</b> : Systèmes d'extraction par presses classiques et par super presse.....	33
<b>Figure 8</b> : Système d'extraction par centrifugation à trois phases. ....	33
<b>Figure 9</b> : Grain de marc de café commercial par microscopie électronique à balayage (Chen et al. 2013).....	37
<b>Figure 10</b> : Les étapes du recyclage du marc de café (Anonyme, 2022). ....	38
<b>Figure 11</b> : Séchage le marc de café à l'air libre (Originale, 2023). ....	39
<b>Figure 12</b> : Les principaux composés du marc de café (Limousy et al., 2013).....	42
<b>Figure 13</b> : Étapes de production de biocarburant à partir du marc de café (Gomez-de la Cruz et al, 2015).....	43
<b>Figure 14</b> : 03 plaques alvéolées (Originale, 2023). ....	52
<b>Figure 15</b> : Pulvérisateur (Originale, 2023). ....	52
<b>Figure 16</b> : Les semences utilisées pour la germination :Persil <i>Petroselinum crispum</i> , Coriandre <i>Coriandrum sativum</i> (Originales, 2023). ....	53
<b>Figure 17</b> : dispositif experimental.....	54
<b>Figure 18</b> : Le fumier du ferme (Originale, 2023). ....	54
<b>Figure 19</b> : Le grignon d'olive (Originale, 2023).....	55
<b>Figure 20</b> : Le marc de café (Originale, 2023).....	55
<b>Figure 21</b> : Le semis des graines au laboratoire dans les plaques alvéolaires (bloc 1, 2 et 3) (Originale, 2023). ....	56
<b>Figure 22</b> : Résultat final de la croissance des plants du persil (Originale, 2023). ....	57
<b>Figure 23</b> : Résultat final de la croissance des plants de la coriandre (Originale, 2023). ....	57

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Valeur nutritionnelle du persil (Lafaurie, 2019). .....	07
<b>Tableau 2</b> : Les valeurs nutritionnelles de la coriandre ( <a href="http://mes-aromatiques-et-moi.centerblog.net/12-la-coriandre">http://mes-aromatiques-et-moi.centerblog.net/12-la-coriandre</a> ). .....	11
<b>Tableau 3</b> : Quantité des graines de coriandre exportées en tonnes (FAO 2016).....	13
<b>Tableau 4</b> : Quantités de graines importées en tonnes (FAO 2016). .....	13
<b>Tableau 5</b> : Niveau de distribution de la mélasse en alimentation des ruminants (Rouillé, 2012).....	24
<b>Tableau 6</b> : Composition chimique des lactosérums (Benaissa Miloud, 2018).....	25
<b>Tableau 7</b> : Composition chimique indicative des différents types de grignons (Bercker, 1982).....	35
<b>Tableau 8</b> : Composition physique du grignon d'olive (Mansour –Benamar, 2016). .....	36
<b>Tableau 9</b> : Composition chimique indicative du grignons d'olive brut (Nefzaoui, 1984). ...	37
<b>Tableau 10</b> : Composition chimique du marc de café (valeurs nutritionnelles) (Limousy et al, 2013).....	38
<b>Tableau 11</b> : caractéristiques des variétés étudiées « <i>Petroselinum crispum</i> » et « <i>Coriandrum sativum</i> » (Bruneton, 2009 et Dupont, 2007).....	49
<b>Tableau 12</b> : Températures maximales, minimales et moyennes du mois de Février 2023 au mois de Juin 2023 (Association info climat,2023).....	50
<b>Tableau 13</b> : Humidité relative moyenne mensuelle durant le mois de Février 2023 au mois de Juin 2023 (Historique-Météo.net). .....	51
<b>Tableau 14</b> : Résultats d'analyse des sous-produits agricoles (fumier du ferme) (INSID 2023).....	51
<b>Tableau 15</b> : Résultats d'analyse des sous-produits agricoles (grignon d'olive et marc de café) (INSID 2023).....	51
<b>Tableau 16</b> : Calendaire de semis des graine de Persil et de la Coriandre.....	57
<b>Tableau 17</b> : Résultats d'analyse des échantillons du fumier de ferme (INSID 2023).....	59
<b>Tableau 18</b> : Résultats d'analyse des échantillons de marc de café (INSID 2023) .....	59
<b>Tableau 19</b> : Résultats d'analyse des échantillons de grignons d'olives (INSID 2023).....	60
<b>Tableau 20</b> : Résultat des moyennes du nombre moyen de graines germées. ....	60
<b>Tableau 21</b> : Résultat d'analyses de la variance du nombre moyen de graine germées. ....	61
<b>Tableau 22</b> : Test NEWMAN-KEULS de nombre moyen de graines germées pour le facteur substrat .....	61

<b>Tableau 23</b> : Résultat des moyennes du nombre moyen de feuilles par plant. ....	62
<b>Tableau 24</b> : Résultat d'analyses de la variance du nombre moyen de feuilles par plant.....	62
<b>Tableau 25</b> : Test NEWMAN-KEULS de nombre moyen de feuilles par plant pour le facteur substrat. ....	63
<b>Tableau 26</b> : Résultat d'analyses de la variance de l'interaction F1*2. ....	63
<b>Tableau 27</b> : Résultat des moyennes de la longueur finale de la tige. ....	64
<b>Tableau 28</b> : Résultat d'étude de la variance sur la longueur moyenne de la tige .....	64
<b>Tableau 29</b> : Test NEWMAN-KEULS de la longueur moyen de la tige pour le facteur substrat .....	65
<b>Tableau 30</b> : Test NEWMAN-KEULS de la longueur moyenne des tiges pour le facteur espèce.....	65
<b>Tableau 31</b> : Résultat d'analyses de la variance de l'interaction F1*2. ....	66

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste d'abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale ..... 2**

## **Chapitre I :**

### **Généralités sur le Persil (*Petroselinum crispum*) et la Coriandre (*Coriandrum sativum*)**

Introduction .....	03
1. Caractéristiques et historique du Persil <i>Petroselinum crispum</i> et la Coriandre <i>Coriandrum sativum</i> .....	03
1.1. Origine et répartition géographique des Apiacées .....	03
1.2. Position systématique des Apiacées .....	04
2. Présentation de persil <i>Petroselinum crispum</i> .....	05
2.1. Utilisation .....	05
2.2. Composition .....	06
2.3. Biologie du Persil <i>Petroselinum crispum</i> .....	06
2.4. La valeur nutritionnelle du Persil <i>Petroselinum crispum</i> .....	07
3. Présentation de la coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L. ....	07
3.1. Utilisation .....	08

3.2. Composition .....	09
3.3. Biologie de la coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L. ....	09
3.4. La valeur nutritionnelle de la coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L. ....	10
4. Propriétés antioxydants et anti inflammatoires .....	11
4.1. Persil <i>Petroselinum crispum</i> .....	11
4.2. Coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L. ....	11
5. Effet bienfaits sur la digestion et le système immunitaire .....	12
6. Production et commercialisation .....	12
6.1. Les principaux pays producteurs .....	12
6.2. Les circuits de commercialisation .....	14

## **Chapitre II :**

### **Valorisations des sous-produits agricoles**

Introduction .....	16
1. Définitions des sous-produits agricoles.....	16
2. Importance économique et environnementale des sous-produits agricoles .....	16
3. Différents types des sous-produits agricoles .....	17
3.1. Les résidus de cultures .....	17
3.2. Les sous-produits de l'industrie agro-alimentaire .....	17
3.3. Les déchets de l'élevage .....	18
3.4. Les déchets de la transformation des produits agricoles .....	19

3.5. Les sous-produits issus de la production de carburant .....	20
4. Différents usages des sous-produits agricoles .....	21
4.1. La valorisation énergétique (biomasse, gaz) .....	21
4.2. Utilisation en alimentation animale .....	22
4.3. Utilisation industrielle (cosmétique, pharmaceutique).....	25
4.4. Utilisation en agriculture (amendements des sols, paillage).....	27
5. Les avantages des sous-produits agricoles .....	28
5.1. Avantages économiques et environnementaux .....	28

### **Chapitre III :**

#### **La germination des graines de persil (*Petroselinum Crispum*) et de coriandre (*Coriandrum sativum*) sur les sous-produits agricoles étudiés**

Introduction .....	30
1. Importance et caractéristiques des sous-produits agricoles étudiés .....	30
1.1. Fumier de ferme .....	30
1.2. Grignon d'olive .....	32
1.3. Marc de café .....	37
2. Effet des sous-produits agricoles étudiés sur la germination des graines .....	43
2.1. Le fumier .....	43
2.2. Le grignon d'olive .....	44
2.3. Marc de café .....	44

3.Le compostage .....	45
3.1. Définitions .....	45
3.2. Les avantages du compost.....	45
4.Les facteurs influençant sur la germination des graines.....	46
4.1. Les facteurs internes de la germination .....	46
4.2. Les facteurs externes de la germination .....	46

## **Chapitre IV :**

### **Matériel et méthodes**

1.Objectif de l'expérimentation .....	49
2.L'hypothèse de la recherche.....	50
3.Conditions expérimentales .....	50
3.1. Site expérimental .....	50
3.2. La température.....	50
3.3. L'humidité relative de l'air.....	50
4.Caractéristiques physiques et chimiques des sous-produits agricoles .....	51
5.Matériels utilisées .....	52
5.1. Matériel du laboratoire .....	52
5.2. Matériel végétal.....	52
6.Méthodes d'étude .....	53
6.1. Dispositif expérimental .....	53

7. Conduite de la culture .....	54
7.1. Préparation des substrats .....	54
7.2. Semis .....	56
8. Paramètres de croissance et de production .....	58
8.1. Nombre de graines germées .....	58
8.2. Nombre de feuilles par plant .....	58
8.3. Longueur finale de la tige .....	58

## **Chapitre V :**

### **Résultats et discussion**

1. Paramètres de croissance et de production .....	60
1.1. Nombre de graines germées .....	60
1.2. Nombre moyen de feuilles par plant .....	61
1.3. Longueur finale de la tige .....	64
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>67</b>

### **Références bibliographiques**

# *Introduction générale*

Au fil de l'histoire, la relation entre l'homme et son environnement naturel a connu une évolution marquée. Aujourd'hui l'agriculture vise à valoriser les ressources naturelles afin de produire des denrées alimentaires saines pour la consommation humaine et animale. Autre fois, au cours du XXème siècle l'intégration de systèmes d'agriculture intensive a engendré un déséquilibre dans les écosystèmes naturels ainsi que divers problèmes liés à l'utilisation excessive d'intrants chimiques pour fertiliser les sols (**Al-Waer et Ayyad, 2020**).

Ces dernières années ont vu croître chez le consommateur une prise de conscience quant à l'importance d'une alimentation saine (**Lynch,2009**). Cette demande accrue implique dès lors la nécessité d'améliorer le rendement des cultures via des technologies respectueuses de l'environnement tout en étant rentables et simples d'utilisation.

L'utilisation des sous-produits agricoles est considérée comme faisant partie intégrante des solutions technologiques permettant la valorisation des différents déchets issus de productions agricoles. Ces matériaux peuvent être réutilisés comme substrats favorisant leur transformation en compost ou encore contribuer aux pratiques culturelles durables comme celle utilisées par certains agriculteurs souhaitant diversifier leurs sources économiques.

Les sous-produits agricoles présentent également un intérêt certain quant à leur utilisation potentielle dans différentes industries tels que ceux destinés aux aliments pour animaux, aux biocarburants, à la production de produits chimiques ou encore d'engrais et matériaux de construction. La valorisation des sous-produits agricoles offre ainsi l'avantage de diversifier les sources économiques tout en contribuant à une gestion plus durable des ressources.

La germination est un processus transitoire durant lequel une graine latente manifeste une reprise des phénomènes cellulaires tels que la multiplication et l'allongement (**Deysson, 1967**).

Selon **Soltner (2007)**, plusieurs conditions extérieures sont requises afin que survienne la germination telle que l'eau, l'oxygène, et la température.

L'objectif principale de notre travail est d'évaluer la capacité de ces matériaux à soutenir la croissance des plantes et évaluer la viabilité des sous-produits agricoles, certains sous-produits peuvent être récupérés dans le but de les réutiliser dans d'autres pratiques agricoles. C'est pour cela qu'on va tester leur capacité à la germination des graines de persil et de la

coriandre pour déterminer s'ils contiennent des éléments nutritifs et des conditions favorables à la croissance de ses plantes.

✚ La méthodologie de ce travail tient compte de cinq chapitres devisés en deux parties principales :

La première partie : une synthèse sur les végétaux : le persil (*Petroselinum crispum*) et de la coriandre (*Coriandrum sativum*) et les sous-produits agricoles. Par la suite, la deuxième partie présente en premier : matériels et méthodes utilisés, suivies par les résultats obtenus et leurs discussions.

Le travail s'achève par une conclusion générale ainsi que par quelques perspectives possibles pour les futurs travaux.

# *Chapitre I*

*Généralités sur le Persil (Petroselinum  
crispum) et la Coriandre (Coriandrum  
sativum)*

## Introduction

La famille Apiacées, connue également sous le nom d'Umbelliferae depuis sa création en 1789 par Antoine Laurent de Jussieu et renommée Apiacées en 1836 par John Lindley (**Boldi, 2014**), est une vaste famille qui a longtemps été désignée sous l'appellation Ombellifères. Cette appellation faisait référence à la structure des inflorescences qui présentent une forme d'ombelles. Selon la classification classique établie par **Arthur Cronquist** fondée sur les caractéristiques morpho-anatomiques et chimiques, cette famille appartient à la division Magnoliophyta (aussi appelée Angiospermes ou plantes à fleurs), classe Magnoliopsida, sous-classe Rosidae et ordre Apiales (**Clardy et Walsh, 2004**).

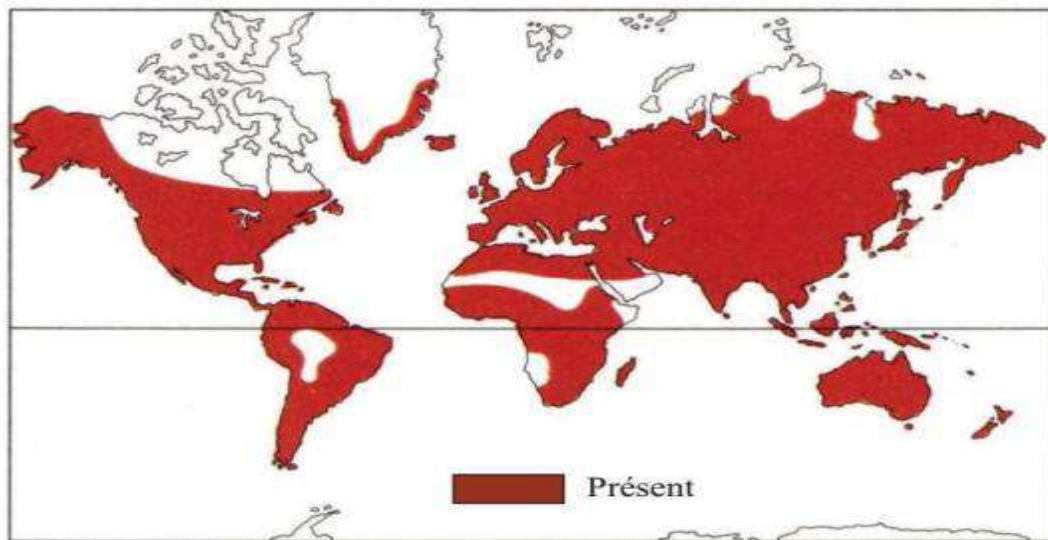
Au sein de la communauté scientifique botaniste, il y a un débat concernant la position systématique des Apiacées. Certains auteurs tels que **Thorne et Dahlgren** ou encore **Takhtajan** les placent dans les Araliales en raison de caractères morphologiques similaires aux Araliaceae (**Newman, 2012**).

### **I. Caractéristiques et historique du Persil et la Coriandre**

#### **1.1. Origine et répartition géographique des Apiacées**

La famille des Apiacées est une vaste collection de plantes cosmopolites qui comprend environ 3500 espèces réparties dans 446 genres (**Bousetla et al., 2002**), bien que présente dans les montagnes tropicales, elle est surtout représentée dans les régions tempérées de l'hémisphère nord.

En Algérie, cette famille occupe une place importante avec ses 56 genres, 130 espèces (dont certaines sont endémiques) et ses sous-espèces (**Benahmed, 2006**).



**Figure 1** : Répartition géographique mondiale des Apiaceae (**lakhdar, 2011**)

### 1.2. Position systématique des Apiacées :

Le statut phylogénétique des Ombellifères est selon la dernière classification, la classification phylogénétique dite « **APG** » (Angiosperm Phylogenetic Group), qui est régulièrement mise à jour (dernière version **APG III, 2009**), et les Ombellifères sont classées comme suit :

<b>Règne :</b>	Planta
<b>Sous règne :</b>	Trachéobiota
<b>Super division :</b>	Spermatophyta
<b>Division :</b>	Magnoliopsida
<b>Sub-classe :</b>	Rosidae
<b>Ordre :</b>	Apiales
<b>Famille :</b>	Apiaceae

Parmi les espèces d'ombellifères les plus couramment cultivées dans les jardins et les fermes maraîchères, celles utilisées dans ce travail sont le Persil *Petroselinum crispum* et le coriandre *Coriandrum sativum*,

## 2. Présentation de persil *Petroselinum crispum*

Le persil est une herbe aromatique aux feuilles vertes parfumées très utilisée en cuisine. Son nom botanique est *Petroselinum crispum* et il est originaire de la région méditerranéenne mais est cultivé dans le monde entier. Le persil appartient à la famille des Ombellifères (anciennement Umbellifères) et se décline en deux variétés principales : les frisées, à feuilles frisées, et le persil plus plat et plus prononcé (**Bruneton, 2009**).



a- Racines et feuilles

b- Fleurs

**Figure 2** : Structure de la plante de persil (**Goust, 2006**)

### 2.1. Utilisation

Le persil est connu pour ses effets antioxydants, antimutagènes et anticancéreux. Son utilisation est très répandue et standardisée. En médecine, il est utilisé sous forme de poudre, d'extrait et d'huile essentielle (**Bruneton, 2009**).

**Katzer et Fansa** recommandent les feuilles de persil pour réduire la mauvaise haleine, revitaliser les cheveux et redonner de la brillance. Selon le même auteur, lorsqu'il est appliqué sur le visage, il est infusé de persil et de romarin pour aider à éclaircir et purifier le teint.

### 2.2. Composition

Le persil est riche en huile essentielle, contenant principalement de l'apigénol (également appelé camphre de persil, présent dans les graines), accompagné de myristicine et d'un glycoside flavonoïde, l'apigénine ou l'apigénine, ainsi que du phtalide, de la coumarine, du fer et de la vitamine K. Les feuilles de persil sont très riches en vitamines A et C, contiennent de

grandes quantités de lutéine et de bêta-carotène et sont de puissants antioxydants. Le persil est l'aliment le plus riche en caroténoïdes après le cresson et la carotte (**Maggi et al., 2009**).

### **2.3. Biologie du Persil *Petroselinum crispum***

Le persil, plante ombellifère bisannuelle mesurant entre 25 et 80 cm de hauteur, se caractérise par des racines coniques ramifiées et blanchâtres ainsi qu'une tige cylindrique striée rameuse au sommet. Ses feuilles d'un vert soutenu sont divisées en segments amples ou enroulés selon la variété (persil arabe, persil chinois). L'inflorescence du persil est typique des Apiacées avec de petites fleurs jaunâtres visibles en septembre. Les fruits quant à eux sont petits et globuleux (**Bruneton, 2009**).

Les fleurs présentent une couleur jaune verdâtre tirant sur le blanc lorsqu'en pleine floraison et elles forment des ombelles composées comprenant-huit à vingt rayons. Les ombellules s'équipent d'un involucre doté de nombreuses bractées (**Wicht, 1999**).

Selon (**Crété, 1968**), la classification qu'occupe ***Petroselinum crispum*** dans la systématique est la suivante :

<b>Règne :</b>	Plantae
<b>Embranchement :</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-embranchement :</b>	Rosidae
<b>Classe :</b>	Magnoliophyta
<b>Ordre :</b>	Apiales
<b>Famille :</b>	Apiaceae
<b>Genre :</b>	<i>Petroselinum</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Petroselinum crispum</i>

### **2.4. La valeur nutritionnelle du Persil *Petroselinum crispum***

Le persil est une plante riche en huiles essentielles, notamment L'apiol ou camphre de Persil présent dans les graines, accompagné de myristicine et d'un glucoside flavonique appelé apiine ou apioside. Cette plante renferme également des phtalides, des coumarines ainsi que du fer et de la vitamine K. Les feuilles sont riches en vitamines A et C avec une grande quantité

de lutéine et bêta-carotène qui sont des antioxydants puissants. D'ailleurs, le persil est classé comme le troisième aliment le plus riche en caroténoïdes après la carotte et le cresson (Maggi et al., 2009).

**Tableau 1** : Valeur nutritionnelle du persil (Lafaurie, 2019).

Nutriments	Persil : teneur pour 100 G	Herbes, épices et Assaisonnements : moyenne des aliments
<b>Protéines</b>	<b>3 g</b>	<b>6,9 g</b>
<b>Glucides</b>	<b>4,6 g</b>	<b>16,3 g</b>
_dont sucres	2,3 g	8,3 g
_dont amidon	0,4 g	6,1 g
<b>Fibres alimentaires</b>	<b>4 g</b>	<b>13 g</b>
<b>Lipides</b>	<b>0,8 g</b>	<b>4,9 g</b>
_dont cholestérol	0,0 mg	0,4 g
_dont acides gras saturés	0,1 g	0,8 g
_dont acides monoinsaturés	0,2 g	2,1 g
_dont acides gras polyinsaturés	0,3 g	0,8 g
<b>Eau</b>	<b>85 g</b>	<b>33 g</b>

### 3. Présentation de la coriandre *Coriandrum sativum*

D'après Dupont (2007), la coriandre est une plante annuelle élançee et ramifiée mesurant généralement de 30 à 60 cm de long lorsqu'elle est en fleur, mais pouvant atteindre 80 cm. Les racines sont pivotantes et coniques. Tige ronde, mince, finement striée, ramifiée au-dessus. Les feuilles sont vert clair, glabres (en particulier le dessous) et luisantes (Fig. 3.a).

Le fruit est un fruit diakène dont les deux mécarpes ne se séparent pas à maturité, donnant ainsi au fruit une forme sphérique (**Teusher et al., 2005**).

a- Feuilles (**Chartier, 2009**)b- Fleurs (**Goust, 2006**)**Figure 3** : Morphologie de la plante de la coriandre.

### 3.1. Utilisation

L'huile essentielle de fruit de coriandre est une huile très utile pour le soulagement de certains petits maux digestifs. Il est également utilisé pour les infections du tube digestif : gastrite infectieuse, diarrhée, intoxication alimentaire de type Turista (**Greger, 1987**).

Selon **Prior et al. (2007)**, l'huile essentielle du fruit est également utilisée pour les douleurs articulaires ou musculaires, et elle est également utilisée dans des préparations dermatologiques, des crèmes ou des lotions pour traiter la peau. En raison de sa faible toxicité et de ses capacités antibactériennes, l'huile essentielle de coriandre est utilisée dans l'industrie alimentaire pour aider à conserver les aliments. L'huile essentielle de coriandre mûre est antifongique, antivirale et possède des propriétés antibiotiques contre *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylocoques* et *Streptocoques*, y compris ceux résistants à certains antibiotiques (**Greger, 1987**).

Le fruit sec ou graine de coriandre est une épice très utilisée dans la cuisine orientale, notamment dans les poudres de curry, où elle en contient 30% à 40% (**Mighri, 2010**).

Les feuilles fraîches sont consommées dans le monde entier, elles aromatisent les crudités et peuvent être ajoutées aux plats chauds en fin de cuisson (**Louaar et al., 2008**).

### 3.2. Composition

Comme beaucoup de légumes verts frais, les feuilles de coriandre contiennent des pigments caroténoïdes (provitamine A), des flavonoïdes antioxydants, des vitamines hydrosolubles et des acides phénoliques antioxydants (**Lorenz, 2001**).

Selon **Prior et al. (2007)**, les racines dégagent une odeur plus forte que les feuilles. Les tiges contiennent une huile essentielle différente de celle des feuilles et des fruits, principalement du phytol (environ 60%). La teneur en huile essentielle du fruit (ou de la graine) est la véritable partie médicinale.

L'huile essentielle du fruit de la coriandre contient 60 à 70 % de linalol et des pourcentages variables d'alpha-pinène, de gamma-terpinène, de limonène et parfois de camphre. Le fruit contient également des substances de réserve : 20 % de lipides et 15 % de protéines (**Nazari, 2011**).

### 3.3. Biologie de la coriandre *Coriandrum sativum*

La coriandre est une petite herbacée annuelle pouvant atteindre jusqu'à 60 cm de hauteur. Elle se distingue par sa tige grêle portant des feuilles glabres et luisantes divisées en segments ovales pour les inférieures ou tripennatiséquées pour les supérieures selon (**Wichtl et Anton 2003 ; Bruneton, 2009**).

Cette Apiaceae typique possède des involucelles ainsi que des fleurs blanches disposées en ombelles composées d'environ trois à huit rayons du type cinq ; ces dernières présentent souvent un échancrage orienté vers l'extérieur plus grand que celui des pétales. Son odeur fraîche n'est pas très agréable selon (**Wichtl, 2006**).

La classification botanique de la coriandre selon (**Quezel et Santa, 1963**) est la suivante :

<b>Règne :</b>	Plantae
<b>Embranchement :</b>	Spermaphytes
<b>Sous Embranchement :</b>	Angiospermes
<b>Classe :</b>	Dicotylédones
<b>Ordre :</b>	Apiales
<b>Famille :</b>	Apiaceae
<b>Genre :</b>	coriandrum
<b>Espèce :</b>	Coriandrum sativum

### **3.4. La valeur nutritionnelle de la coriandre *Coriandrum sativum***

La feuille de coriandre, comme beaucoup d'autres végétaux verts et frais, renferme des pigments caroténoïdes (provitamine A), des flavonoïdes antioxydants, des vitamines hydrosolubles ainsi que des acides-phénols antioxydants (**Lorenz, 2001**).

Selon **Prior et al (2007)**, les racines dégagent une odeur encore plus forte que les feuilles tandis que les tiges contiennent une huile essentielle différente dominée par le phytol à hauteur d'environ 60%.

Les fruits ou graines sont la partie véritablement médicinale grâce à leur contenu en huile essentielle qui est composée principalement de linalol entre 60% et 70%, mais aussi avec divers pourcentages d'alpha-pinène, gamma-terpinène, limonène voire camphre. En outre, ils contiennent environ 20 % de lipides et 15 % de protides servant également de substances réserves selon **Nazari (2011)**.

**Tableau 2** : Les valeurs nutritionnelles de la coriandre

<b>Nutriments</b>	<b>Coriandre: teneur pour 100 G</b>
<b>Protéines</b>	<b>2,1 g</b>
<b>Calories</b>	<b>23 g</b>
<b>Glucides</b>	<b>3,7 g</b>
_dont sucres	0,9 g
<b>Fibres alimentaires</b>	<b>2,8 g</b>
<b>Lipides</b>	<b>0,5 g</b>
_dont cholestérol	0 mg
_dont acides gras saturés	0 g
_dont acides monoinsaturés	0,3 g
_dont acides gras poly-insaturés	0 g
<b>Sodium</b>	<b>46 g</b>
<b>Potassium</b>	<b>521 mg</b>
<b>Calcium</b>	<b>67 mg</b>

#### **4. Propriétés antioxydants et anti inflammatoires**

##### **4.1. Persil**

Le persil est connu pour ses propriétés antimutagènes anticancéreuses et antioxydants bien établies. Il dispose également d'une utilisation très étendue standardisée tant sur le plan culinaire que médicinal où il se décline sous forme d'extraits en poudres ou encore en huiles essentielles (**Bruneton, 2009**).

##### **4.2. Coriandre**

La feuille de coriandre, comme beaucoup d'autres végétaux verts et frais, contient des pigments caroténoïdes (provitamine A), des flavonoïdes antioxydants, des vitamines hydrosolubles et des acides-phénols antioxydants (**Lorenz, 2001**).

Il convient également de noter que les racines diffusent une odeur encore plus forte que les feuilles selon **(Pierre, 2007)**.

Les tiges renferment une huile essentielle distincte de celle présente dans les feuilles et fruits. Cette dernière est dominée par le phytol à environ 60%. L'huile essentielle extraite du fruit contient quant à elle entre 60% et 70% de linalol ainsi qu'un pourcentage variable d'alpha-pinène, gamma-terpinène ou limonène et occasionnellement du camphre. En outre, les fruits constituent un réservoir non négligeable en lipides avec un taux avoisinant les 20%, ainsi qu'en protides qui représentent jusqu'à 15% du poids total **(Nazari, 2011)**.

### **5. Effet bienfaits sur la digestion et le système immunitaire**

Le persil possède de nombreuses vertus, en plus d'être anti-inflammatoire. Il est antianémique, antiscorbutique, antiseptique, antispasmodique et dépuratif. De plus, il a des propriétés diurétiques et emménagogues ainsi qu'une action résolutive et tonifiante. En outre, il favorise l'expulsion des gaz tout en étant un apéritif carminatif et stomatique avec une action sédatrice **(Iserin and al., 2001)**.

L'huile essentielle extraite de la coriandre a quant à elle une action spasmolytique sur les muscles lisses du tube digestif. Elle exerce aussi une fonction stomachique due au fait qu'elle stimule l'excrétion gastrique tout en ayant une action carminative **(Ghediraet Goetz, 2015)**.

Enfin, l'alimentation riche en produits végétaux aide à prévenir diverses pathologies dégénératives associées au stress oxydant tels que les maladies cardio-vasculaires ou neuro-dégénératives et divers cancers. Cela est dû aux micro-constituants de cette diète dont les polyphénols sont les principaux représentants **(Lalas et al., 2011)**.

### **6. Production et commercialisation**

#### **6.1. Les principaux pays producteurs :**

Les principaux producteurs sont la plupart des pays en voie de développement d'Asie (Chine, Inde, Iran, Pakistan...), d'Amérique latine (Mexique, Argentine...) et d'Afrique (Algérie, Tunisie, Maroc, Egypte...), et des pays Européens (Pays-Bas, Danemark, Pologne, Roumanie...).

**Tableau 3 : Quantité des graines de coriandre exportées en tonnes (FAO 2016)**

<b>Exportateur (Année 2014)</b>	<b>Quantités (Tonnes)</b>
Inde	67 734
Iran	18 498
Italie	17 498
Maroc	13 641
Syrie	10 686
Canada	8 080
Pays-Bas	4 923
Argentine	4 487
Ethiopie	3 876
Espagne	2 704

**Tableau 4 : Quantités de graines importées en tonnes (FAO 2016).**

<b>Importateurs (Année 2014)</b>	<b>Quantité (tonnes)</b>
Malaisie	213 501
Sri Lanka	30 102
Etats-Unis	9807
Allemagne	9225
Egypte	6846
Japon	5787
Algérie	4021

### 6.2. Les circuits de commercialisation

Les agriculteurs explorent et combinent souvent diverses méthodes de commercialisation en fonction des besoins des lieux d'agglomération. Ils essaient donc d'optimiser les ventes en

fonction des changements de la demande et de la saisonnalité des récoltes. Des produits frais comme les plantes aromatiques (persil, coriandre, cerfeuil, menthe) sont commercialisés et vendus quotidiennement, selon les besoins urbains. La proximité est donc un atout majeur des périphéries urbaines. Ces circuits courts contribuent à reconquérir la fonction alimentaire de l'agriculture locale (**Maachou et Otmane, 2016**).

# *Chapitre II*

## *Valorisations des sous-produits agricoles*

## Introduction

La pollution environnementale est un enjeu majeur pour tous les gouvernements. Dans les pays en développement, elle s'aggrave car une grande partie des polluants provient de sous-produits agricoles considérés comme des déchets, contrairement aux nations industrialisées. Cette situation découle du mode d'alimentation des populations, de l'efficacité des systèmes agricoles et souvent du manque de valorisation de ces sous-produits (**Kouassi, 2018**).

### 1. Définitions des sous-produits agricoles

Selon **CTA (1993)** (Centre technique de Coopération agricole et rurale), les sous-produits agricoles sont des résidus ou déchets issus de la production végétale et animale. Bien qu'ils soient souvent perçus comme des rebuts, leur valorisation peut favoriser l'émergence d'une économie circulaire. Ces matières peuvent être exploitées de différentes manières pour bénéficier à l'agriculture ainsi qu'à l'environnement. Voici quelques exemples de sous-produits agricoles :

Les sous-produits agricoles constituent une source précieuse d'énergie et de protéines pour l'alimentation animale. Parmi ces ressources, on peut citer les résidus de brasserie issus des céréales, les déchets provenant de la production fruitière et maraîchère ou encore les insectes.

Les sous-produits agricoles, tels que le fumier, le compost et les résidus de culture, peuvent servir d'engrais pour améliorer la qualité des sols et augmenter les rendements des cultures.

Il est possible d'utiliser certains sous-produits agricoles pour produire de l'énergie, par exemple en générant du biogaz à partir des déjections animales ou des résidus de culture.

Certains sous-produits agricoles peuvent être valorisés pour la création de nouveaux produits alimentaires. Par exemple, les déchets de fruits et légumes sont transformés en jus ou en confiture.

### 2. Importance économique et environnementale des sous-produits agricoles

Les sous-produits agricoles peuvent jouer un rôle crucial dans la promotion de la durabilité environnementale et économique. En effet, ils permettent notamment de :

### ✚ Réduire les déchets et protéger l'environnement

Grâce à leur valorisation et ainsi contribuer au développement d'une agriculture durable en adoptant des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement telles que la gestion optimale de la fertilité du sol ou encore l'agroforesterie, il est possible de protéger efficacement les terres et les ressources naturelles.

### ✚ Amélioration de la productivité

Il est possible d'améliorer la productivité des cultures en utilisant les sous-produits agricoles pour fabriquer des engrais naturels. L'entreprise **UNIMER** propose justement ce type de produits pour permettre une utilisation efficace et écologique dans le domaine de l'agriculture.

### ✚ Intégration de l'économie circulaire

En intégrant une économie circulaire, les projets d'agriculture urbaine peuvent réduire les déchets, promouvoir la vente de produits saisonniers et encourager la proximité entre producteurs et consommateurs (**Morel-Chevillet, 2018**).

Les sous-produits agricoles ont un rôle crucial à jouer dans la durabilité environnementale et économique de l'agriculture. Ils permettent notamment de réduire les déchets, protéger l'environnement, améliorer la productivité, promouvoir une agriculture durable et intégrer l'économie circulaire.

## 3. Différents types des sous-produits agricoles

### 3.1. Les résidus de cultures

Les résidus de culture désignent les parties aériennes des plantes qui n'ont pas été récoltées et laissées sur le sol dans les champs ou vergers lors de la récolte, telles que les tiges, chaumes et gousses (**Smil, 1999**).

Il est possible d'utiliser les restes de culture pour produire du fumier, comme on le fait dans les exploitations agricoles du nord du Bénin où l'on valorise ces résidus de récolte. En effet, ils peuvent servir d'amendements organiques afin d'optimiser la qualité des sols (**Djenontin et al., 2003**).

### 3.2. Les sous-produits de l'industrie agro-alimentaire

Les déchets issus de six secteurs agroalimentaires différents, à savoir la production d'huile d'olive, les industries de la viande et des produits marins, l'industrie laitière, celle des fruits et

légumes ainsi que celles des céréales et boissons (**JabriKaroui et al., 2018**). L'industrie agroalimentaire produit divers sous-produits tout au long de ses processus de fabrication.

#### Déchets de transformation

Les matières premières agricoles telles que les fruits, légumes, céréales, viandes et produits laitiers génèrent des déchets lors de leur transformation. Ces derniers peuvent prendre diverses formes comme pelures, tiges, coquilles ou noyaux ainsi que des résidus issus du pressage (**Bala et al, 2022**).

#### Effluents liquides

Les déchets liquides issus de l'industrie agroalimentaire peuvent inclure divers types tels que les eaux usées, les résidus de nettoyage, les boues provenant du processus de décantation ainsi que des restes résultants d'une fermentation (**Nahli, et al, 2017**).

#### Co-produits de transformation

Lors des processus de transformation, certains sous-produits sont produits. Par exemple, l'extraction d'huile à partir de graines peut donner lieu à des tourteaux riches en protéines qui peuvent être utilisés comme alimentation animale (**FAO, 2018**).

Le but de l'industrie des graines oléagineuses est de broyer les graines pour obtenir de l'huile, qui représente 50 à 75 % de cette huile, et la farine d'oléagineux en tant que sous-produit est le deuxième plus important après le grain pour la consommation (**Djamel, 2015**).

De même, la production de sucre à partir de la canne à sucre ou de la betterave laisse des mélasses et des pulpes de betterave qui ont d'autres applications possibles.

#### Sous-produits de l'industrie laitière

Les lactosérums sont également utilisés dans l'alimentation animale et comme ingrédient dans certains produits alimentaires.

#### Résidus de fermentation

Dans le secteur de la fermentation alimentaire, qui englobe notamment la fabrication de bière, de vin et de fromage, il est courant d'obtenir des sous-produits tels que des levures ou encore du marc provenant du pressage des raisins (**Burillard et al, 2015**).

### 3.3. Les déchets de l'élevage

Les déchets d'élevage peuvent comprendre des effluents, des résidus phytosanitaires professionnels, des films et autres produits issus de l'industrie agroalimentaire. Toutefois, ces déchets peuvent être valorisés pour produire de l'engrais organique ou de l'énergie renouvelable afin de réduire leur impact environnemental. L'élevage génère divers types de déchets, notamment :

#### Les influents d'élevage

Les excréments solides des animaux d'élevage tels que les vaches, porcs et volailles forment le fumier. Le lisier quant à lui résulte de la combinaison du fumier avec l'urine. Ces résidus renferment des nutriments ainsi que des matières organiques, mais peuvent également contenir certaines substances pouvant causer une pollution éventuelle.

#### Aliments non consommés

Il arrive que certains aliments destinés aux animaux soient gaspillés ou non consommés, ce qui peut entraîner la production de déchets dans les élevages.

#### Matériaux d'emballage

Les emballages pour les aliments des animaux d'élevage, tels que sacs, contenants en plastique ou métal, peuvent générer des déchets. Les films utilisés en élevage (ensilage, bâtiment et enrubannage) sont recyclables s'ils sont collectés par exemple :

### 3.4. Déchets de la transformation des produits agricoles

Les déchets de la transformation des produits agricoles sont les résidus qui résultent du traitement des matières premières pour en faire des produits finis. Ces restes proviennent de différents domaines de l'industrie agroalimentaire, comme la transformation des fruits, légumes, céréales, viandes et poissons ainsi que celle liée aux produits laitiers. Les types de déchets générés par cette activité peuvent varier selon le produit traité :

#### Déchets organiques

Les déchets organiques, à savoir les résidus de végétaux et les parties non comestibles des produits agricoles (peaux, tiges, feuilles et noyaux), peuvent être valorisés. Ils peuvent être compostés pour enrichir le sol, servir d'aliments pour animaux ou encore transformés en biogaz (Rawat et al., 2020).

### ✚ Déchets liquides

La production de jus de fruits, la fabrication de vins et bières peuvent engendrer des déchets liquides tels que les eaux usées industrielles, les effluents de fermentation ou encore les résidus issus du lavage. Ainsi, il est important d'assurer un traitement adéquat afin d'éviter toute pollution environnementale (**Gulzar et al., 2019**).

### ✚ Déchets animaux

Dans certaines industries agroalimentaires, notamment dans la transformation de viande, volaille et poisson, des déchets animaux tels que les os, graisses, plumes et écailles sont générés.

### ✚ Déchets d'emballage

Les produits agricoles subissent souvent une transformation qui requiert des emballages pour leur conditionnement et leur transport. Cette étape peut engendrer divers déchets d'emballage tels que les boîtes en carton, les sacs en plastique ou encore les barquettes en polystyrène. Il est donc primordial de gérer ces déchets adéquatement afin de limiter leur impact sur l'environnement (**Vignali et al., 2019**).

## 3.5. Les sous-produits issus de la production de carburant

D'après l'EIA américaine (Energy Information Administration), la production de carburant pétrolier engendre divers sous-produits tels que les carburants destinés aux transports, les mazouts utilisés pour le chauffage et la génération d'électricité, ainsi que l'asphalte et l'huile de route. Ces derniers servent également de matières premières dans la fabrication des produits chimiques, plastiques et matériaux synthétiques.

### ✚ Coke de pétrole

Le coke de pétrole est issu du raffinage du pétrole brut et se présente sous forme solide. Il sert généralement de combustible dans les usines produisant de l'énergie (**Speight, 2013**).

### ✚ Gaz de raffinerie

Le gaz de raffinerie est constitué d'un ensemble de gaz légers résultant du processus de raffinage du pétrole brut. Il peut être employé comme carburant dans les installations de raffinerie ou soumis à un traitement pour générer soit du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) ou encore, du Gaz Pétrolier Liquéfié (GPL) (**Gary et al., 2007**).

## ✚ Soufre

Le soufre, élément chimique contenu dans le pétrole brut, est fréquemment extrait et récupéré lors de la désulfuration du carburant. Cette étape vise à diminuer les rejets gazeux polluants (**Gupta, 2010**).

### 4. Différents usages des sous-produits agricoles

#### 4.1. La valorisation énergétique (biomasse, gaz)

D'après le Rapport n°646 de l'OPECST (Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques) par **Courteau (2020)** ; L'exploitation énergétique des sous-produits agricoles consiste à utiliser les résidus ou déchets issus de l'agriculture pour produire de l'énergie, notamment en biomasse et en gaz. Il existe plusieurs façons d'utiliser ces ressources :

Les débris végétaux tels que les restes de récolte, la paille, les tiges, les coques des céréales ainsi que ceux provenant du traitement agricole peuvent être transformés en combustible solide tel que le pellet de biomasse qui sert au chauffage ou encore à la production d'électricité.

La biomasse peut également servir à fabriquer des biocarburants comme l'éthanol ou le biodiesel pouvant remplacer avantageusement les carburants fossiles dans le transport.

## ✚ Exemples de bonnes pratiques

### ✚ Bioénergie (biocarburants)

Les biocarburants, issus de la biomasse organique renouvelable, représentent une solution prometteuse pour réduire notre dépendance aux carburants fossiles et diminuer les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports. Plusieurs études (**Usmani et al., 2022**) ont mis en avant la production possible de biocarburants à partir notamment de matériaux lignocellulosiques ou encore d'autres types de déchets.

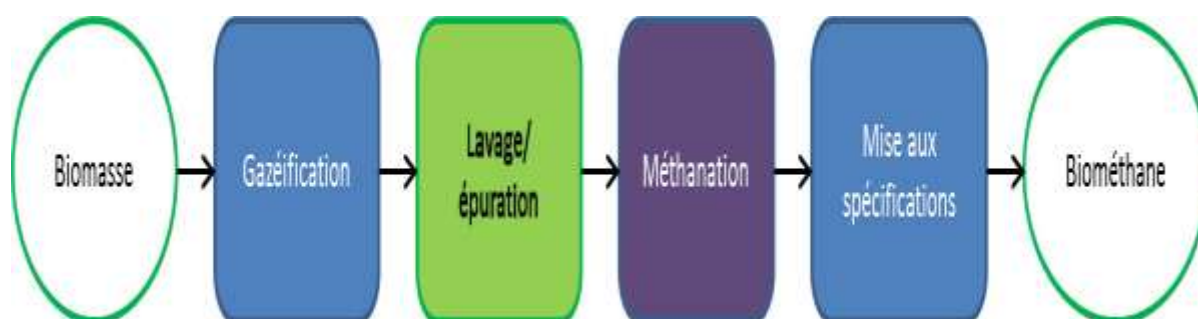
La production d'éthanol peut être réalisée efficacement à partir de glucose et autres hexoses grâce à l'utilisation de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, qui est largement utilisée dans ce domaine (**Cheng et Brewer, 2021**).

Pour les biocarburants issus des résidus agricoles, la production simultanée du méthane (biogaz) représente une option supplémentaire permettant une amélioration significative en

termes d'efficacité énergétique, d'émissions gazeuses ainsi que dans le processus global convertissant la biomasse par digestion anaérobie (Yong, 2022).

### ✚ Bio-méthanisation

La bio-méthanisation se présente comme une solution énergétique durable et écologique, permettant de réduire considérablement la quantité de déchets. Le procédé consiste à transformer la matière organique en biogaz grâce à des bactéries spécifiques, offrant ainsi une alternative intéressante pour remplacer le gaz naturel ou encore le charbon. Cette technique implique la fermentation de biomasse fraîche telle que les déchets organiques afin d'obtenir du méthane qui peut être utilisé pour cuisiner ou produire de l'électricité. En plus d'être un moyen efficace pour générer de l'énergie propre, cette méthode contribue également à limiter les résidus tout en fournissant aux agriculteurs des composts utiles pour fertiliser leurs sols (Mugeniwabagara, 2015).



**Figure 4 :**La Bio-méthanisation (Mugeniwabagara, 2015).

#### 4.2. Utilisation en alimentation animale

D'après CTA (1993), Dans l'industrie de l'élevage, il est courant et avantageux d'utiliser les sous-produits agricoles comme aliments pour les animaux. Ces matériaux proviennent de la production ou de la transformation des cultures agricoles et ne sont pas destinés à être consommés par les humains. Certains sous-produits servent d'ingrédients dans l'alimentation animale, tels que les drèches issus du brassage qui nourrissent le bétail. Les tourteaux extraits du soja et du colza constituent également une source protéique fréquente pour nourrir le bétail en élevage afin d'améliorer leur état physique tout en préservant les terres. L'intégration réussie de ces deux activités complémentaires n'est pas facile mais réalisable.

### ✚ Exemples de bonne pratique

#### ✚ Tourteaux de soja (*Glycine max*)



**Figure 5 :** Bouchons et farine de Tourteaux de Soja (*Glycine max*)

L'Algérie importe beaucoup de tourteau de soja pour l'alimentation du bétail, avec un besoin d'environ 1,2 million de tonnes. C'est principalement parce que cet oléagineux est encore à l'échelle expérimentale en Algérie et que les agriculteurs ne sont pas intéressés à le cultiver. Selon le ministère du Commerce, les importations de grignons et tourteaux de soja en Algérie ont augmenté pour atteindre 476,4 millions de dollars US de janvier à fin août 2018 (**Ministère du Commerce, 2018**), par rapport à 2018 pour le tourteau de soja en dinar algérien/tonne. Seul le tourteau de soja est riche en lysine. Cette richesse est intéressante dans la mesure où elle réduit les émissions d'azote d'environ 15 % (**INRA, 2004**).

### ✚ Sous-produits de la transformation sucrière

#### ➤ Les mélasses

La mélasse est un déchet des sucreries et un sous-produit qui est utilisé sous diverses formes et compositions dans l'alimentation animale. La mélasse est couramment utilisée dans les aliments pour ruminants mélangés à d'autres aliments cellulosiques tels que la paille et le son, comme liant dans les aliments complets, ou pour faciliter la consommation d'aliments non comestibles (foin, paille). La mélasse, très savoureuse grâce à son sucre et son sel, est un aliment dont le goût et l'odeur stimulent l'appétit et facilitent la digestion. La mélasse se caractérise par une digestibilité à 100 %. La digestibilité des matières organiques (MO) et des matières azotées totales (MAT) est respectivement de 83 % et 25 % (**INRA, 1988**)(Institut National Agronomique).

**Tableau 5** : Niveau de distribution de la mélasse en alimentation des ruminants (**Rouillé, 2012**)

Espèces animales	Recommandation (%)
Bovin	4 à 15%
Bovin d'engraissement	10 à 20%
Vaches laitières	20 à 25%
Génisses	3 à 10%
Veaux	5%
Moutons	0.1 à 0.4%
Agneaux	10%

#### Sous-produits de l'industrie laitière

##### ➤ Le lactosérum

Le lactosérum, un sous-produit de l'industrie laitière, est une substance riche qui est devenue une source intéressante pour l'enrichissement nutritionnel et technique des aliments pour animaux tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, les graisses et les minéraux. Une production fromagère typique permet un rendement massique moyen de 10 % (**Benaissa Miloud, 2018**).

Le lactosérum était autrefois un sous-produit évalué uniquement sous forme liquide dans l'alimentation animale (porcs). Le lactosérum est désormais un composant laitier à part entière et est toujours utilisé dans l'alimentation animale (veau, vache, porc, volaille) (**Bardy et al, 2016**).

**Tableau 6 : Composition chimique des lactosérums (Benaissa Miloud, 2018)**

	Lactosérum doux (g/l)	Lactosérum acide (g/l)
E.S.T (Extrait Sec Total)	66	63
Protéines	6.6	6.1
Lactose	52	44
Lipides	0.2	0.3
Minéraux	5	7.5
Calcium	0.5	1.6
Phosphore	1	2
Sodium	0.53	0.51
Zinc	0.3	2.3
Phosphore	6	4.6

### 4.3.Utilisation industrielle (cosmétique, pharmaceutique)

De nos jours, il est de plus en plus fréquent d'utiliser les sous-produits agricoles dans les domaines des cosmétiques et des produits pharmaceutiques. Ces résidus sont issus de la production agricole et incluent notamment les peaux, graines, tiges, coquilles ainsi que les restes de fruits ou légumes. Selon **Ferraro et al. (2016)**, des sous-produits animaux une source remarquable de composés fonctionnels pour la pharmaceutique, la cosmétique, notamment :

#### Dans l'industrie cosmétique

Les bienfaits des sous-produits agricoles ne se limitent pas à l'alimentation. En effet, de nombreux extraits de plantes et huiles essentielles dérivées de ces produits sont utilisés dans les soins corporels tels que les lotions, crèmes hydratantes ou encore shampoings et revitalisants. Ces ingrédients naturels possèdent des propriétés bénéfiques pour la peau et les cheveux telles que l'hydratation, le pouvoir apaisant ainsi qu'une action antioxydante ou régénératrice. Cette alternative aux produits synthétiques est donc une option intéressante pour ceux qui cherchent une solution plus saine pour leur corps.

### ✚ Dans l'industrie pharmaceutique

Il est possible d'exploiter les sous-produits agricoles pour en extraire des ingrédients actifs utilisés dans la fabrication de médicaments. Dans cette optique, certaines plantes médicinales cultivées à des fins agricoles peuvent être exploitées afin d'en extraire des composants actifs.

### ✚ Exemples de bonne pratique

#### ✚ Dans l'industrie cosmétique

- **Ingrédients de maquillage durables**

Selon **Schilling (2019)**, La demande croissante des consommateurs pour des ingrédients durables et sains a poussé l'industrie cosmétique à se tourner vers les sous-produits de l'agriculture. Les noyaux d'avocat, autrefois considérés comme des déchets, sont désormais utilisés par les marques de beauté en quête d'ingrédients naturels et respectueux de l'environnement.

- **Composés bioactifs pour la protection de la peau**

Les composés bioactifs présents dans les sous-produits agro-industriels jouent un rôle important dans la régulation de l'homéostasie épidermique. Ils assurent une protection cutanée contre le stress oxydatif et le vieillissement. Les extraits de marc de pomme, par exemple, renferment des composés bioactifs qui peuvent être utilisés efficacement dans les produits cosmétiques (**Simitsis 2018**).

- **Composés de grande valeur pour différentes industries**

La valorisation des déchets alimentaires présente un intérêt économique certain pour la fabrication de produits à haute valeur ajoutée dans différents domaines industriels, notamment l'alimentation, les nutraceutiques, les cosmétiques et les médicaments (**Barbulova et al., 2015**).

### ✚ Dans l'industrie pharmaceutique

- **Production d'antibiotiques**

Les antibiotiques sont des substances chimiques produites par certains micro-organismes qui ont la capacité d'inhiber ou de tuer d'autres germes à très faible dose. Les sous-produits agricoles peuvent être utilisés dans la synthèse de divers types d'antibiotiques (**Chilakamarry et al, 2022**), commel'ont montré plusieurs projets de recherche, par exemple :

### ✚ Propriétés antioxydantes

Des médicaments antioxydants et anticancéreux ont été développés en utilisant des déchets agricoles comme substrat. Les restes de fruits et légumes, tels que les épiluchures, sont souvent considérés comme inutiles mais peuvent être riches en composés bénéfiques pour la santé. **Duda-Chodak et Tarko (2007)** ont découvert que les pelures de certains fruits avaient une forte activité antioxydante grâce à leur concentration élevée en polyphénols.

### ✚ Propriétés antibactériennes et anticancéreuses

Les industries agricoles et alimentaires disposent de déchets qui peuvent être bénéfiques pour notre santé. En effet, ces résidus sont riches en nutriments essentiels ainsi qu'en substances phyto-chimiques utiles pour une alimentation équilibrée. Les composés phénoliques présents dans ces déchets ont des propriétés anti-inflammatoires, antibactériennes, immuno-modulatrices et antifongiques très intéressantes sur le plan thérapeutique (**Bala et al., 2022**). De nombreuses études ont été menées sur les composants bioactifs issus des résidus agricoles (**Guía-García et al., 2022**).

## 4.4. Utilisation en agriculture (amendements des sols, paillage)

### ✚ Compost

Le compost est le résultat de la décomposition des matières organiques et sert d'amendement du sol. Bien géré, il constitue une méthode efficace pour améliorer la fertilité du sol en augmentant sa teneur en matière organique, renforçant sa structure ainsi que son pH et sa capacité à retenir l'eau. De plus, cette pratique permet également d'augmenter le nombre de micro-organismes bénéfiques présents dans le sol (**Amanullah, 2020**).

### ✚ Paillis

C'est une stratégie de jardinage consistant à étaler une couche de matière organique telle que des feuilles, de la paille ou des copeaux de bois sur le sol. Cette technique présente plusieurs avantages : elle permet notamment d'augmenter la rétention d'eau dans le sol, de limiter la croissance des mauvaises herbes et réguler sa température. Le paillage constitue également un moyen écologique pour recycler les déchets végétaux et améliorer ainsi l'état du sol en limitant son érosion tout en augmentant sa qualité (**Iqbal et al., 2020**).

### ✚ Fumier

C'est une substance organique riche en nutriments tels que l'azote, le phosphore et le potassium, constitue un engrais naturel idéal pour améliorer la fertilité du sol. En effet, grâce

à sa matière organique qui favorise la structure du sol ainsi que sa capacité de rétention d'eau, il permet non seulement de stimuler la biologie du sol mais aussi d'améliorer considérablement la santé et les rendements des cultures cultivées sur ces terres.

### ✚ Exemples de bonne pratique

#### ➤ Vermicompostage

Le lombricompostage consiste à décomposer les déchets organiques domestiques, et peut être combiné avec des méthodes peu coûteuses et peu encombrantes pour améliorer la fertilité du sol. Les résidus agricoles non réutilisés comprennent les sous-produits de l'agriculture ainsi que ceux issus de sa transformation (**Singh et al., 2022**).

#### ➤ Biofertilisants

Les biofertilisants sont élaborés à partir de micro-organismes tels que les bactéries, les cyanobactéries, les champignons et les algues. Ils ont pour fonction d'améliorer la qualité du sol en fournissant des nutriments ainsi que des substrats carbonés. Les engrais verts comme ceux issus de suppléments de cyanobactéries ou encore de bioformulations telles qu'*Azotobacter sp*, *Azospirillum sp* *Trichoderma sp* ou le champignon mycorhizien arbusculaire (AMF) font partie des biofertilisants couramment utilisés parmi tant d'autres tels que lombricompostage, résidus agricoles et fumier provenant d'élevages (**Diacono et al., 2019**).

## 5. Les avantages des sous-produits agricoles

### 5.1. Avantages économiques et environnementaux

Selon la **FAO en 2023**, les sous-produits agricoles présentent des avantages économiques et environnementaux significatifs. Voici quelques illustrations :

#### ✚ Avantages économiques

##### a. Réduction des coûts

Il est possible d'utiliser les sous-produits agricoles pour diverses fins telles que la production d'énergie, de nourriture animale, de produits chimiques ou encore de matériaux de construction. Cette pratique permet aux agriculteurs et entreprises qui en bénéficient une réduction des coûts liés à leur production.

**b. Création de nouveaux marchés**

Il est possible d'exploiter les sous-produits agricoles afin de fabriquer divers produits tels que des bioplastiques, des carburants écologiques ou encore des substances chimiques biosourcées. Cette pratique peut offrir de nouvelles opportunités commerciales pour les agriculteurs et les entreprises qui se servent de ces matières premières.

**c. Génération de revenus supplémentaires**

Les agriculteurs peuvent tirer des bénéfices supplémentaires en cédant leurs sous-produits agricoles à d'autres entreprises qui les intégreront dans leur processus de production.

**+ Avantages environnementaux****a. Réduction des déchets**

Il est possible d'utiliser les sous-produits agricoles pour diverses fins telles que la production d'énergie, l'alimentation animale, la fabrication de produits chimiques et de matériaux de construction (**FAO, 2023**). Cette pratique permet ainsi une réduction considérable des déchets issus du secteur agricole.

**b. Réduction de l'empreinte carbone**

La production de biocarburants à partir des sous-produits agricoles permet de réduire l'empreinte carbone par rapport aux carburants fossiles (**FAO, 2023**), ce qui constitue une solution pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

**c. Amélioration de la qualité du sol**

Il est possible d'utiliser les sous-produits agricoles en tant qu'engrais organiques, permettant ainsi une amélioration de la qualité des sols et une réduction de l'utilisation d'engrais chimiques (**Hirczak, 2004**).

# Chapitre III

*Germination des graines de persil  
(*Petroselinum crispum*) et de coriandre  
(*Coriandrum sativum*) sur les sous-  
produits agricoles étudiés*

## Introduction

La matière organique joue un rôle important dans le maintien d'un bon pH du sol, assurant une bonne croissance des plantes et fournissant des éléments nutritifs au sol. Ce dernier se retrouve dans certains déchets végétaux utilisés pour améliorer l'agriculture (**Boyhan et al., 2011**).

La germination est une période transitoire pendant laquelle les graines latentes reprennent le phénomène de prolifération et d'élongation cellulaire. La germination correspond au passage d'un état de vie lent à un état de vie actif, avant lequel la réserve métabolique résiduelle de l'embryon est activement métabolisée pour assurer la croissance des plantules (**Jeam et al., 1998**).

### 1. Importance et caractéristiques des sous-produits agricoles étudiés

Les engrais sont des substances organiques ou inorganiques, souvent utilisés en mélange pour fournir des nutriments aux plantes, favoriser la croissance et améliorer le rendement et la qualité des fruits. Le grignon d'olive, le marc de café et la matière organique sont des biofertilisants naturels importants pour la sécurité alimentaire humaine.

#### 1.1. Fumier de ferme

##### ➤ La matière organique

La matière organique (MO) est la matière produite par les organismes vivants (plantes, animaux, champignons et autres décomposeurs) (**Kartable, 2022**). Cela inclut également toutes les substances sécrétées par la racine, telles que les petites molécules, les sucres, les acides organiques excrétés ou produits.

##### ✓ Types de la matière organique

##### Fumier

Le fumier résulte d'un mélange de déjections animales et de paille qui s'accumule dans les bâtiments. Cet engrais a tendance à ne pas se répandre après deux mois de vieillissement en intérieur (**Levasseur, 2005**).

Selon **Bonin (2006)**, c'est un mélange de déchets animaux et de paille.

- Le fumier contient des déchets végétaux et est donc une source importante d'humus.
- Les engrais qui sont appliqués avant la tête de rotation à l'automne qui doivent être labourés immédiatement pour réduire la perte d'azote.
- Le risque d'érosion est limité par l'étalement des plumes.

#### L'humus

L'humus est une matière organique transformée par des moyens biologiques et chimiques et incorporée à la partie minérale du sol, formant avec elle une liaison physique, chimique, plus ou moins intime. Au sens large, le terme humus en écologie fait référence à toute la matière organique du sol, y compris les résidus d'origine végétale qui sont en grande partie inchangés et incomplètement incorporés dans le sol. L'humus assure la fertilité du sol. Il agit comme une éponge, liant 10 à 50 fois sa masse en eau, il assure la rétention de l'eau nécessaire à la croissance des plantes (**Vignerou, 1967**).

#### Le lisier

Les boues sont un mélange liquide de matières fécales, d'urine et de certains déchets ou aliments. Une distinction est faite entre les engrais liquides ayant une teneur en matière sèche inférieure à 13 % et les engrais pailleux contenant des quantités variables de litière et ayant une teneur moyenne en matière sèche de 10 à 20 % (**ITEB, 1991**). Du fait de leur forte teneur en nitrates et de la présence de certains métaux comme le cuivre et le zinc, les boues présenteraient diverses contraintes environnementales (**Adas, 1993**).

#### La litière

Il est généralement de nature végétal et se présente sous forme de débris (feuilles, brindilles, pépins de fruits, exsudats de racines et de feuilles) (**Duchaufour, 1984**). Il est plus ou moins biodégradable selon les espèces végétales utilisées. On parle ici de sables renforcés riches en azote et de sables acides difficilement décomposables. Le premier active la vie microbienne. Les seconds le suppriment (**Bonin, 2006**). De nombreux types de matières organiques peuvent être compostées seules ou avec des engrais.



**Figure 6 :** Décomposition de la matière organique dans le sol (Maxicours, 2022).

## 1.2. Grignon d'olive

L'huile d'olive est un produit de l'industrie oléicole. Cependant, une grande quantité de déchets nocifs pour l'environnement tels que les grignons et l'huile sont générés. Cependant, la valorisation de ces déchets reste un besoin incontournable pour les agriculteurs. Le grignon d'olive est le résidu qui reste lorsque l'huile est extraite des olives entières broyées. Obtenu par pression ou centrifugation. Il se compose de pulpe, d'écorce de fruit, d'écorce, de graines broyées et d'agrégats de graines. Riche en cellulose brute et pauvre en substances azotées (Nefzaoui, 1988).

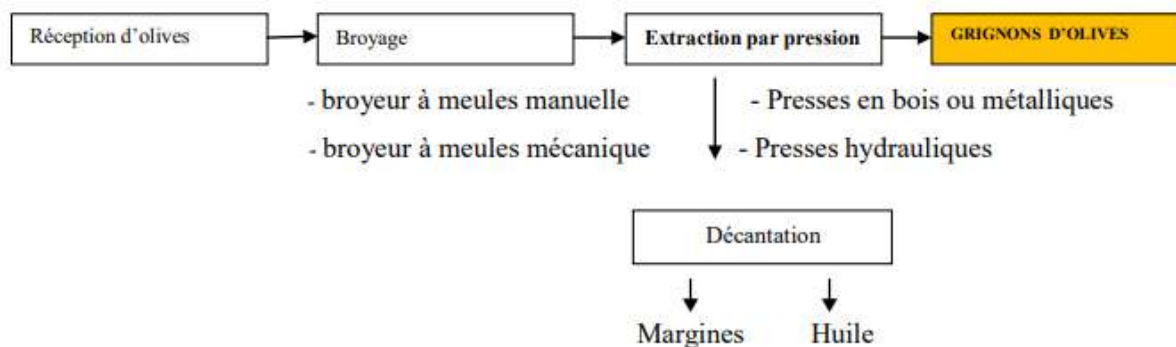
En plus de l'huile d'olive, l'industrie oléicole génère des quantités importantes de sous-produits. En effet, pour chaque 100 kg d'olives récoltées en moyenne, on a environ 35 kg de grignons et 100 litres de margines. De plus, la taille annuelle des oliveraies produit en moyenne environ 25 kg de feuilles et de brindilles (Nefzaoui, 1988).

La valorisation des résidus est désormais impérative d'un côté, elle permet de limiter la pollution qui ne cesse de s'aggraver et, de l'autre côté, elle contribue à améliorer la rentabilité du secteur oléicole. Cette mesure est particulièrement cruciale pour les pays méditerranéens tels que l'Algérie. En effet, il a été constaté que le niveau de pollution généré par ce domaine devient préoccupant (Ballerini, 2006).

➤ **Les étapes de production de grignon d'olive**

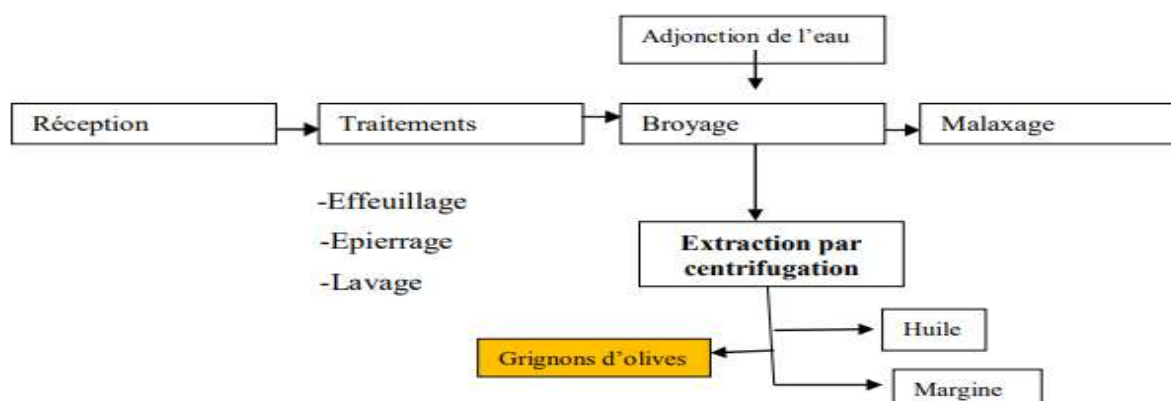
Pour connaître les différents sous-produits de l'olive, nous devons comprendre les différents processus d'extraction de l'huile d'olive. En fait, il existe trois types de raffineries.

- ✚ Huileries à procédé classiques ou traditionnelles.
- ✚ Huileries à procédé de type discontinu ou méthode de super presse (Figure7).



**Figure 7 :** Systèmes d'extraction par presses classiques et par super presse.

- ✚ Huilerie procédé continu (D'extraction par centrifugation à trois phases) (Figure8).



**Figure 8 :** Système d'extraction par centrifugation à trois phases.

- ✚ Extraction a trois phases :

Avant d'être introduite dans le décanteur, la pâte obtenue par malaxage est mélangée à de l'eau pour permettre une séparation des différentes phases en fonction de leur densité (**EL Hajjouji, 2007**) comme suit : Les différents éléments qui composent la matière première sont répartis de manière spécifique dans le tour ;

- Les grignons, ayant une densité de  $1,2 \text{ kg/dm}^3$ , se situent dans la partie éloignée de l'axe du tour.
- Les margines ou eau végétale (densité comprise entre  $1,015$  et  $1,018 \text{ kg/dm}^3$ ) occupent quant à elles l'espace sur l'anneau intermédiaire.
- Tandis que l'huile (densité :  $0,916 \text{ kg/dm}^3$ ) reste concentrée autour de cet axe central (**Benyahia et al, 2003**).

#### Extraction a deux phases

Le procédé d'extraction écologique de l'huile d'olive repose sur une centrifugation à deux phases, permettant la séparation des huiles et des grignons humides sans avoir besoin d'eau. Cette méthode est considérée comme technologique (**Hammadi, 2006**).

#### ➤ Types des grignons d'olive

Le grignon brut est composé de pulpe pressée et de noyaux, il a une teneur en humidité relativement élevée de 24 % et une teneur en huile de 9 %, ce qui le rend adapté à un changement rapide à l'extérieur (**Nefzaoui, 2009**).

Le grignon épuisé est le résidu obtenu par le déshuilage du grignon brut avec un solvant, généralement de l'hexane. Ce type de grignons se caractérise par une faible teneur en matière grasse et en humidité (**Yacoub, 1997**).

Grignon d'olive partiellement dénoyauté est obtenu en séparant partiellement les graines de la pulpe par tamisage ou aération. Si l'huile n'est pas extraite au solvant, elle est considérée comme grasse, et si l'huile est extraite au solvant, elle est considérée comme dégraissée ou drainée (**Anonyme, 2001**).

**Tableau 7** : Composition chimique indicative des différents types de grignons (**Bercker, 1982**)

Type	Matières Sèches (%)	Matières minérales (%)	Mat. Azotée Totales (%)	Cellulose brute (%)	Matières Grasses (%)
Grignon brut	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Gr. Gras part dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Gr. Epuise part. Dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe grasse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

➤ **Conservation du grignon d'olive**

La teneur élevée en eau et en matières grasses du grignon cru rend le stockage problématique, les grignons d'olives centrifugés crus humides se gâtant en 4 à 5 jours et les grignons d'olive pressés se gâtant en 15 jours environ. Le même grignon séché dure rarement plus de 45 jours. En revanche, les grignons également déshydratés lors de l'extraction pouvaient être conservés plus d'un an (**Sansoucy, 1991**).

La présence des débris et des métabolites d'insectes, des odeurs nauséabondes et une détérioration de la qualité due aux moisissures, et entraînent souvent des risques importants liés aux mycotoxines qui en résultent. Pour une meilleure durée de conservation, les grignons d'olive frais doivent être stockés dans des huttes uniformément réparties d'environ 70 cm de haut (**El hachemi, 2010**).

➤ **Mode d'utilisation du grignon d'olive**

✚ Utilisation des grignons d'olive pour la fertilisation des terres agricoles

L'utilisation de compost de grignons d'olive sur les terres agricoles peut améliorer la fertilité des sols et la productivité des plantes. Cet épandage de déchets doit faire l'objet d'une étude préalable afin de déterminer le taux d'application et la durée d'application appropriés pour les cultures d'engrais chimiques. Cette technologie peut réduire les coûts des engrais d'une part et limiter la pollution par les rejets accidentels d'autre part (**Baba Ahmed et Abdel Malek., 2017**).

✚ Utilisation de grignon comme engrais

En raison de la teneur élevée en oxyde de potassium et en phosphore, la cendre peut être utilisée comme engrais (**Boudissa, 2012**).

➤ **Composition physique du grignon d'olive**

Le grignon d'olive est constitué de l'écorce du fruit (exocarpe) et de la pulpe huileuse broyée (mésocarpe), de la peau broyée du noyau (endocarpe) et des amandes broyées (graines). La composition physique du grignon d'olive est présentée dans le tableau 9.

**Tableau 8:** Composition physique du grignon d'olive (**Mansour –Benamar, 2016**)

Fraction du grignon d'olive	Epicarpe +Mésocarpe	Endocarpe	Amendons	Eau	Huile résiduelle
Pourcentage	42,30%	21,20%	3%	25%	9,5%

➤ **Composition chimique du grignon d'olive**

La composition chimique du grignon dépend du type d'olive broyée (**Nefzaoui, 1984**). Le tableau 10 montre cette composition.

**Tableau 9** : Composition chimique indicative du grignons d'olive brut(Nefzaoui, 1984)

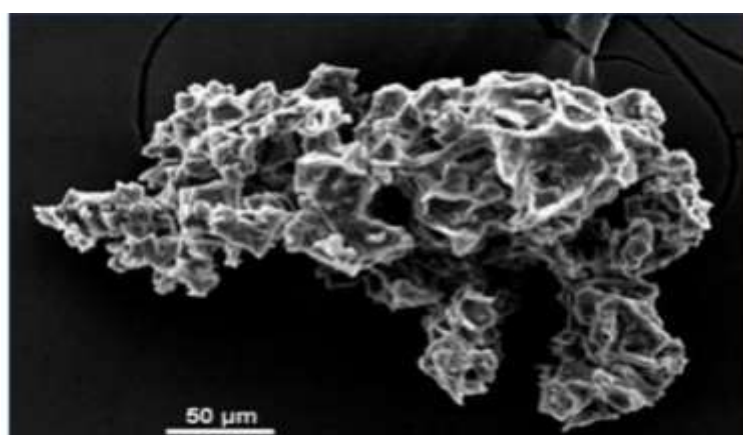
Matière Sèche (MS)	Matières Minérales (MM)	Matières Azotées Totales (MAT)	Cellulose brute (CB)	Matières Grasses (MG)
75-80%	3-5%	5-10%	35-50%	8-15%

### 1.3.Marc de café

Le marc de café constitue le dépôt résultant du traitement des grains de café torréfiés et moulus, qui ont été extraits à l'eau bouillante ou à la vapeur d'eau après la consommation du café soluble (Mansour-Benamar, 2016).

Les grains de marc de café séchés ont un diamètre compris entre 50 et 100µm (fig.9) d'après (Carassou, 2015).

L'IIC (2016) indique qu'un kilogramme de café torréfié engendre environ 1,2 kg de marc de café.



**Figure 9** : Grain de marc de café commercial par microscopie électronique à balayage (Chen et al. 2013)

#### ➤ Etapes de production de marc de café

Les principales étapes du recyclage du marc de café peuvent être résumées en cinq étapes : tri, collecte, transport, transformation et production (Fig. 10). Le tri et le recyclage des déchets

sont obligatoires pour les entreprises (**Décret applicable n° 2016-288** du 10 mars 2016 de la loi de transition énergétique).



**Figure 10 :** Etapes du recyclage du marc de café (Anonyme, 2022)

➤ **Caractéristiques du marc de café**

**Tableau 10 :** Composition chimique du marc de café (valeurs nutritionnelles) (Limousy et al, 2013)

Composition	Taux/Quantité
Potassium	0,6%
Azote	0,05% à 2,28%
Magnésium	0,3%
cuivre	0,03%
Phosphore	0,06%
Rapport C/ N	24/1
pH	6,2

➤ **L'effet de marc de café sur les plantes**

Le marc de café est riche en azote, phosphore et potassium, ce qui en fait un véritable allié pour stimuler la croissance des plantes. De plus, il améliore la qualité du sol et fournit de l'énergie et des nutriments. Cependant, si le marc de café est humide, la moisissure se développera plus facilement. Mais il faut l'utiliser correctement.

➤ **Conservation de marc de café**

Une grande quantité de café moulu nécessite un stockage et une conservation.

✚ Congélation

Mettez la quantité requise de marc de café dans un sac de congélation, fermez-le et conservez-le au congélateur. Doit être sorti du congélateur 3 heures avant utilisation.

✚ Réfrigérateur

Conservez le café moulu dans un récipient hermétique pendant 1 à 10 jours. Il est important de bien sécher au four à l'air ou sur une plaque de cuisson avant de les ranger

(Fig. 11) (Fanny, 2022).



**Figure 11** : Séchage le marc de café à l'air libre (Originale, 2023).

➤ **Mode des utilisations du marc de café**

Le marc de café peut être utilisé en tant :

✚ Qu'engrais organique

Le marc de café est un engrais naturel. Son pH est légèrement acide, ce qui le rend adapté aussi bien aux hortensias qu'aux tomates. Étalez-le, autour de la base de la plante et mélangez-le avec le sol.

#### 🌱 Qu'activateur de compost

Ajoutez du marc de café dans le bac à compost de vers pour aider les vers à digérer la matière organique dans le tas de compost. Les vers de terre sont particulièrement sensibles à la caféine, donc l'utilisation de marc de café les rendra plus actifs dans la transformation des plantes en compost.

#### 🌱 Comme terreau pour un semis riche en phosphore, en azote et en potassium

Le marc de café libère progressivement du phosphore, du potassium et de l'azote pour les jeunes plants. Pour une bonne dispersion, il doit être mélangé à des graines fines lors du séchage (Nicolas, 2022).

##### ➤ Les erreurs à éviter lors de l'utilisation de marc de café

###### a. Ajouter une quantité excessive de marc de café au compost

Le stockage dans le compost pendant plus de 12 ans peut affecter la croissance des plantes, en particulier si le marc de café est utilisé comme engrais. Mieux vaut donc avoir la main légère.

###### b. Ne pas laisser sécher le marc de café avant son utilisation

Si le marc de café n'est pas sec, des moisissures peuvent se développer. Par conséquent, veuillez le sécher au soleil avant utilisation.

###### c. Ajouter une forte dose de marc de café à des graines fines

L'excès en marc de café peut devenir un inhibiteur de croissance des plantes.

###### d. Ajouter du marc de café là où il y a des parasites

L'ajout de marc de café à la base des plantes infestées de parasites n'est pas recommandé. En fait, cela ne les fait pas fuir, au contraire.

###### e. Utiliser le marc de café sur toutes les plantes

Le marc de café ne convient pas à toutes les plantes. En fait, les personnes qui préfèrent un environnement normal n'aiment pas particulièrement le marc de café.

###### f. Utiliser le marc de café sur les jeunes plants

Lorsqu'il est utilisé sur de jeunes plantes, le marc de café peut agir comme un antibiotique et ralentir la croissance.

➤ **Composition chimique du marc de café**

**a. La caféine**

C'est le principal ingrédient important du café. On le trouve dans le café et le thé (théine), la limonade, le cacao, le chocolat, les boissons énergisantes, etc. Sa saveur a tendance à être amère, mais elle ne représente que 10 % de l'amertume totale du café (**Perez-Jimenez et al., 2011**).

**b. La trigonelline**

La trigonelline est une substance amère du café, mais selon le degré de torréfaction (chaleur de torréfaction), 85 % de la trigonelline peut être perdue lors de la torréfaction. Plus la torréfaction est précoce, plus la trigonelline est produite (**Allred et al., 2009**).

**c. Les polyphénols**

Le café (36,9 %) est la première source de polyphénols, 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. La teneur en polyphénols par tasse est comprise entre 200 et 550 mg. Les polyphénols formés lors de la torréfaction jouent un rôle dans les propriétés organoleptiques du café et contribuent à l'acidité des boissons (**Sacchetti et al., 2009**).

**d. Les acides chlorogéniques**

L'acide chlorogénique contribue à la fermeté, à l'amertume et à l'acidité du café et est un précurseur des composés phénoliques et des catéchols produits pendant la torréfaction, qui peuvent conférer des saveurs désagréables au café (**Fischer et al. 2001**).

**e. Les fibres**

Ce sont des polysaccharides de haut poids moléculaire. Ceux-ci jouent un rôle important dans la viscosité du café. Les grains de café contiennent trois types de sucre :

- ✚ Cellulose : Polymère composé de molécules de glucose maintenues ensemble par des liaisons  $\beta$ -(1-4).

✚ Arabinogalactane de type II : Un polymère d'arabinose et de galactose (rapport 0,4/1).

Le marc de café est essentiellement composé de polysaccharides. Il est riche en cellulose, hémicellulose, lignine (Kondamudi *et al.*, 2008 ; Ballesteros *et al.*, 2010), lipides, protéines, minéraux et polyphénols (Zamora *et al.*, 2015).

**Figure 12** : Les principaux composés du marc de café (Limousy *et al.*, 2013)

Éléments	Quantités
Glucides	45,3 %
Lipides	9,3-16,2 %
Protéines	14 %
Minéraux	6800 mg/kg de matière sèche
Polyphénols	13-18 mg acide gallique.

#### ➤ Substances bioactives du marc de café

Le marc de café contient plusieurs types de tanins. Ceux-ci comprennent les catéchines, les gallocatéchines, les galatogallocatéchines et l'acide chevulinique (Low *et al.*, 2015).

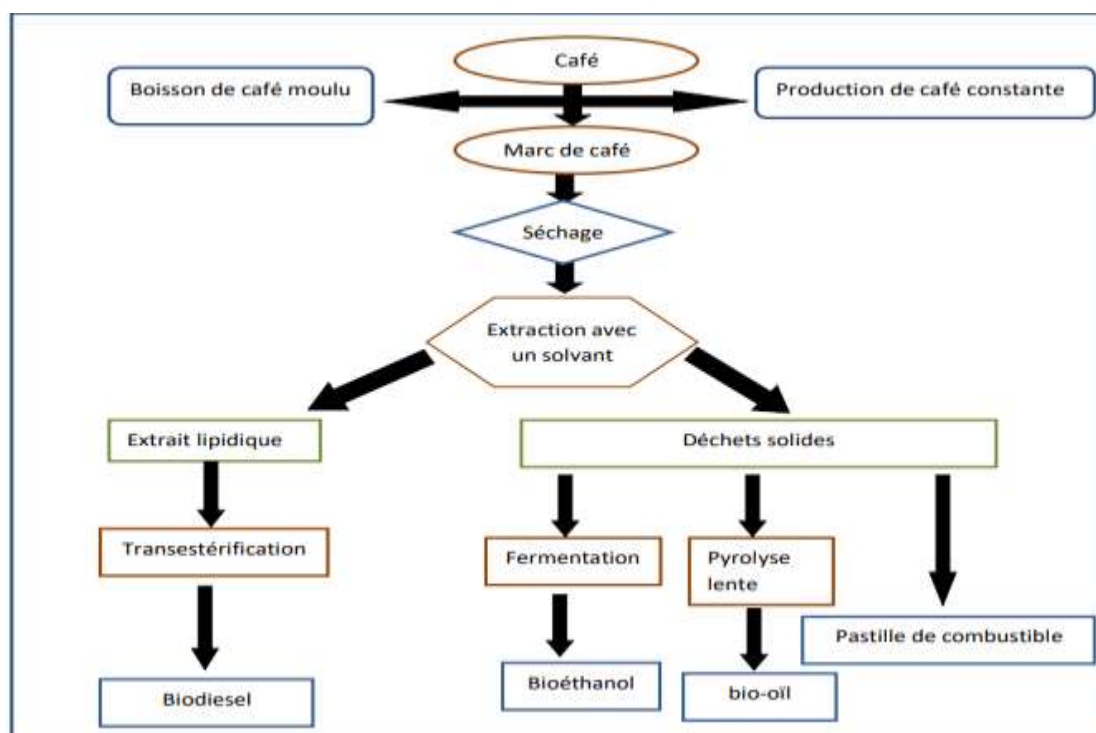
Les tanins ne sont pas les seuls antioxydants présents dans le marc de café. En fait, il existe d'autres polyphénols en plus de la caféine. La quantité de polyphénols varie entre 13 et 18 mg équivalent acide gallique par gramme de marc de café (Bravo *et al.*, 2012).

#### ➤ Valorisation et utilisation du marc du café

Le marc de café peut être valorisé directement en compostage Liu et Price (2011) ou transformé en agro-pellets pour produire de l'énergie par combustion (Jeguirim *et al.*, 2014). Le marc de café possède diverses valorisations et applications. Il est employé pour la production d'éthanol, de biodiesel ainsi que pour les combustibles utilisés dans les fours industriels. Le compostage agricole constitue également une utilisation courante du marc de café, tout comme sa transformation en charbon actif ou son usage dans le traitement des eaux usées industrielles et de l'eau potable etc.

#### ✚ Production de biocarburants

Les différentes voies de ces résidus agricoles dans la production de biocarburants sont résumées dans la Figure 13.



**Figure 13 :** Étapes de production de biocarburant à partir du marc de café (Gomez-de la Cruz et al., 2015)

## 2. Effets des sous-produits agricoles étudiés sur la germination des graines

Selon Albaladejo et al. (2000). Les ajouts d'engrais peuvent stocker de l'eau pour la croissance des plantes et des microbes. Les engrais permettent de lutter contre les phénomènes de ruissellement et d'érosion. De plus, cet engrais est souvent plus efficace que les engrais minéraux (Soltner, 2003).

### 2.1. Le fumier

Le fumier de bovin est une excellente source de nutriments notamment l'azote, le potassium et le phosphore, assimilables et nécessaires à la nutrition et à la santé des cultures et de matière organique pour le sol.

Les fumiers contiennent des macro et micronutriments qui permettent la croissance des plantes et améliorent la structure et la qualité du sol (Albaladejo et al., 2000).

Les fumiers améliorent la fertilité du sol en affectant ses propriétés physico-chimiques et biologiques (Siboukeur, 2013).

## 2.2. Le grignon d'olive

Selon **El Hamdaoui et al., (2017)**, les sous-produits de grignons d'olive contiennent généralement des composés organiques tels que les acides humiques et fulviques et des nutriments tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Ces composés organiques agissent comme des stimulants de germination en favorisant la croissance des racines et des pousses.

Cependant, les sous-produits de grignons d'olive peuvent contenir des quantités variables de substances phytotoxiques telles que les phénols et les composés phénoliques qui peuvent inhiber la germination et la croissance des plantes. Par conséquent, il est important de connaître la composition spécifique des sous-produits utilisés et de prendre des précautions pour éviter des concentrations excessives de phytotoxiques (**El Hamdaoui et al., 2017**).

Les graines de persil et de coriandre ont des exigences particulières en matière de conditions de germination telles que la température, l'humidité et la lumière. Les sous-produits de grignons d'olive peuvent influencer ces conditions et empêcher la germination (**Mechri et al., 2021**).

Paille, résidus de culture, grignons d'olive et produits de l'industrie agro-alimentaire. Diverses études menées en Tunisie ont démontré les avantages environnementaux et économiques de l'utilisation des grignons d'olive pour le compostage (**Ben Rouina, 2002**), ce dernier Il détoxifie ces résidus solides contenant des substances phytotoxiques (**Nefzaoui, 1984**).

## 2.3. Marc de café

Le café moulu est un produit 100% naturel. Il est utile pour les plantes car il agit comme un engrais naturel. Il est très riche en azote et en phosphore, indispensables à la croissance. C'est aussi une source de magnésium et de potassium qui favorise la floraison et la croissance des plantes. C'est un engrais très efficace et doit être utilisé correctement et en quantité suffisante. En effet, son utilisation alors qu'elle est fraîche entraîne une inhibition de la croissance des plantes (**Yamane et al., 2022**).

Les sous-produits agricoles tels que le marc de café peuvent interférer avec la germination des graines de persil et de coriandre. Voici quelques-uns des effets potentiels du marc de café sur la germination de ces graines :

**a.** Favorise la germination

Le marc de café contient des composés organiques tels que des acides aminés, des vitamines et des minéraux qui agissent comme des stimulants de croissance des graines. Ces substances favorisent la germination et le développement précoce des plantules (**Souza et al., 2015**).

**b.** Enrichissement du sol

L'incorporation de marc de café dans le sol fournit des nutriments supplémentaires tels que l'azote, le phosphore et le potassium qui sont essentiels à la croissance des plantes. Cela crée un environnement favorable à la germination et favorise le développement des graines de persil et de coriandre (**Pereira et al., 2017**).

**c.** Protection contre les maladies

Le marc de café a également des propriétés antifongiques et antibactériennes naturelles. Cela permet de prévenir certaines maladies du sol qui peuvent empêcher la germination des graines ou endommager les jeunes plants (**Valadares et al., 2019**).

**d.** Répulsion des parasites

Certaines substances contenues dans le marc de café, comme la caféine, peuvent repousser les insectes et les ravageurs du sol. Cela réduit le risque de dommages aux semences et aux semis par ces ravageurs.

**3.** Le compostage**3.1.** Définitions Le compostage

Le compostage est ainsi le processus de dégradation et de transformation contrôlée de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou animale sous l'action de diverses communautés microbiennes qui se développent en milieu aérobie.

**3.2.** Les avantages du compost

L'utilisation du compost comporte plusieurs avantages parmi lesquels on peut citer :

**a.** Amélioration de la croissance des plantes et des racines :

Les plantes cultivées sur des milieux de culture contenant du compost se sont révélées plus résistantes et plus performantes (**Ademe, 2008**).

**b. Augmentation du taux de libération des nutriments**

Le compost restitue les nutriments au sol, prolonge leur présence dans le sol et assure la nutrition des plantes à long terme (**Ademe, 2008**).

**c. L'activité microbienne est importante pour la porosité du sol**

Les micro-organismes décomposent la matière organique et fournissent des nutriments aux plantes. L'amélioration de la porosité conduit également à une meilleure aération des sols et donc au développement de la bioactivité(**Ademe, 2008**).

**d. Amélioration de la capacité de rétention d'eau**

La matière organique du compost peut absorber l'eau et améliorer la capacité de rétention d'eau du sol (**Ademe, 2008**).

**e. Élimination des maladies des plantes**

Il a été démontré que certains composts augmentent la résistance des plantes à certaines maladies (**Larbi, 2006**).

**4. Les facteurs influençant sur la germination des graines****4.1. Les facteurs internes de la germination****✚ La maturité**

Les graines doivent être mures et morphologiquement complètement différenciées pour que tous les composants germent (**Heller et al., 1990**).

**✚ La longévité**

C'est le moment où les graines restent vivantes et conservent leur potentiel de germination. La durée de conservation est spécifique à l'espèce et dépend des conditions de stockage, de l'humidité et de la température (**Heller et al., 1990**).

**✚ Les facteurs externes de la germination**

Des conditions extérieures favorables aux graines doivent être réunies : eau, oxygène, température et lumière (**Soltner, 2007**).

### ✚ L'eau

Selon **Chaussat et Ledeuuff (1975)**, la germination nécessite de l'eau, qui doit être apportée sous forme liquide. Il pénètre dans la gaine par capillarité. Il est resolubilisé dans le réservoir de sperme pour être utilisé par l'embryon, provoquant le gonflement et la division de ses cellules.

### ✚ L'oxygène

La germination nécessite nécessairement de l'oxygène (**Soltner, 2007**). Selon **Mazliak (1982)**, une petite quantité d'oxygène est suffisante pour la germination. Selon Meyer et al (2004), l'oxygène est contrôlé par une enveloppe qui constitue non seulement une barrière mais également une réserve.

### ✚ La température

- La température a deux effets

Soit directement en augmentant la vitesse des réactions biochimiques (c'est pourquoi une élévation de la température de quelques degrés seulement suffit à stimuler la germination) (**Mazliak, 1982**), soit en affectant la solubilité de l'oxygène de l'embryon indirectement par (**Chaussat et al., 1975**).

### ✚ La lumière

La lumière fonctionne de différentes manières. Il inhibe la germination des graines avec une sensibilité négative à la lumière et stimule les graines avec une sensibilité positive à la lumière (**Anzala, 2006**). Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (**Heller et al., 1990**).

# *Chapitre IV*

## *Matériel et méthodes*

### 1. Objectif de l'expérimentation

L'étude menée au laboratoire a porté sur l'influence des sous-produits agricoles et leurs effets sur la germination chez deux espèces : le Persil *Petroselinum crispum* et la Coriandre *Coriandrum sativum* et leurs croissances.

**Tableau 11** : caractéristiques des variétés étudiées « *Petroselinum crispum* » et « *Coriandrum sativum* » (Bruneton, 2009 et Dupont, 2007)

Caractéristiques	Variété « <i>Petroselinum crispum</i> »	Variété « <i>Coriandrum sativum</i> »
Origine	La région méditerranéenne	La région méditerranéenne
Famille	Ombellifère ou Apiacées	Apiacées
Hauteur	25 à 80cm	30 à 60cm
Rendement	Très haut	Très haut
Feuillage	Ses feuilles odorantes, très découpées, au pourtour triangulaire, pétiolées, luisantes, forment une touffe. Son feuillage atteint son maximum à 30cm.	Ses feuilles sont glabres et luisantes, celles du bas sont larges et découpées comme celles du persil. Celles du haut sont aussi légères et fines que celles du fenouil.
Couleur de feuilles	Vert soutenu	Vert clair
Tige	Cylindrique striée rameuse au sommet	Grêle, ronde, mince, finement striée, ramifiée au-dessus
Fleurs	Petites fleurs jaunâtres à blanches groupées en ombelles lâches	Fleurs blanches à rose pâle disposées en ombelles, hermaphrodites
Racines	Coniques ramifiées et blanchâtres	Pivotantes et coniques
Bienfaits	Est connu pour ses effets antioxydants, antimutagènes et anticancéreux. Son utilisation est très répandue et standardisée. En médecine, il est utilisé sous forme de poudre, d'extrait et d'huile essentielle	L'huile essentielle de fruit de coriandre est une huile très utile pour le soulagement de certains petits maux digestifs. Il est également utilisé pour les infections du tube digestif

## 2. L'hypothèse de la recherche

Est-ce-que les sous-produits agricole peuvent fournir des nutriments essentiels et favoriser une croissance saine des plantes du Persil et de la Coriandre.

Les sous-produits agricoles peuvent contenir des éléments nutritifs tels que des macronutriments (azote, phosphore, potassium) nécessaires à la germination et au développement initial des plantes du Persil et de la Coriandre.

## 3. Conditions expérimentales

### 3.1. Site expérimental

Les travaux d'expérimentation ont été réalisés au niveau de laboratoire de physiologie végétale (D3) du département agronomie à Bastos UMMTO.

### 3.2. La température

Au cours de l'expérience, les températures enregistrées ne sont pas stables. Le tableau n° résume les températures enregistrées durant le mois de février au mois de Juin.

**Tableau 12 :** Températures maximales, minimales et moyennes du mois de Février 2023 au mois de Juin 2023 (Association info climat,2023).

Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
T° Max (°C)	11.2	21.4	25.3	24.9	31.7
T° Min (°C)	7.2	9.4	10.8	14.6	19.1
T° Moy (°C)	9.2	15.4	18.05	19.75	25.4

(Source : Association info climat, 2023).

➤ Selon le tableau n° 12 :

- La température cumulée durant la période est de 87,8°C.
- Le mois le plus chaud est le mois de Juin avec 25.4°C.
- Le mois le plus froid est le mois de Février avec 9.2°C.

### 3.3. L'humidité relative de l'air

Durant l'essai, l'humidité relative moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois de Mai avec un taux de 81%, et l'humidité relative moyenne la plus faible est enregistrée durant le mois d'Avril avec un taux de 61%.

**Tableau 11:** Humidité relative moyenne mensuelle durant le mois de Février 2023 au mois de Juin 2023 (**Historique-Météo.net**)

Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Humidité moy (%)	75	70	61	81	68

(Source : Historique-Météo.net).

#### 4. Caractéristiques physiques et chimiques des sous-produits agricoles

Les sous-produits agricoles faits objet de notre essai présentent les caractéristiques résumées dans les tableaux 13 et 14 :

**Tableau 12 :** Résultats d'analyse des sous-produits agricoles (fumier du ferme) (**INSID 2023**)

Echantillon	Fumier du ferme
pH (extraction rapport 1 /2.5)	6.11
Phosphore assimilable (ppm)	206.98
Potassium assimilable (ppm)	11627.19

**Tableau 13 :** Résultats d'analyse des sous-produits agricoles (grignon d'olive et marc de café) (**INSID 2023**)

Echantillon	Grignon d'olive	Marc du café
pH (extraction rapport 1 /1.5)	5.28	6.43
Phosphore total % MS	1.29	0.25
Potassium % MS	0.60	0.35

## 5. Matériels utilisés

### 5.1. Matériel du laboratoire



**Figure 14 :** 03 plaques alvéolées (Originale, 2023).



**Figure 15 :** Pulvérisateur (Originale, 2023).

### 5.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé lors de notre expérimentation est les deux espèces de la famille « Apiacées » *Petroselinum crispum* et *Coriandrum sativum* ; qui présentent une meilleure présentation à la vente avec un meilleur rendement commercialisable. Les caractéristiques de ces deux variétés sont résumées dans le (tableau n°11).

Les semences ont été achetées au Relais vert de Tizi-Ouzou. A la fin du cycle végétatif, le persil et la coriandre ont été récoltés en mois d'Avril et en mois de Juin.



**Figure 16** : Les semences utilisées pour la germination :Persil *Petroselinum crispum*, Coriandre *Coriandrum sativum* (Originales, 2023).

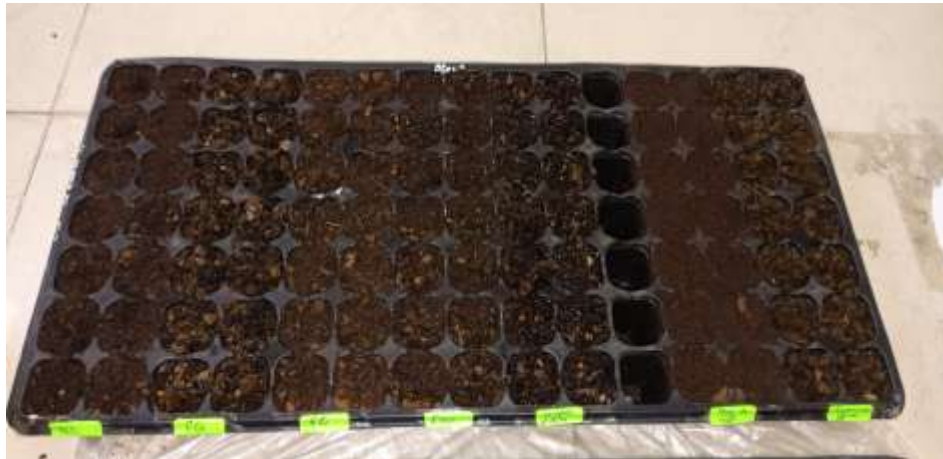
## 6. Méthodes d'étude

### 6.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental auquel nous avons opté est en bloc aléatoire. Les facteurs étudiés sont : essai de germination sous les sous-produits agricoles (fumier, grignon d'olive et marc de café), et le facteur variété (Persil *Petroselinum crispum*, Coriandre *Coriandrum sativum*).

Les caractéristiques de bloc sont comme suit :

- Nombre de bloc : 03
- Nombre de pots par bloc : 98
- Nombre de graines par pot : 3
- Nombre de graine par bloc : 294 (Persil : 147, Coriandre : 147)
- Nombre total des graines des 3 blocs : 882 (Persil : 441, Coriandre : 441)



**Figure 17** : dispositif expérimental

## 7. Conduite de la culture

### 7.1. Préparation des substrats

On a choisi les sous-produits agricoles : fumier de ferme, grignon d'olive et le marc du café; pour connaître leurs effets sur la germination de ces deux espèces : Persil *Petroselinum crispum* et Coriandre *Coriandrum sativum*.

#### a. Le fumier de ferme

Déjections animales ( vache) ; nous l'avons récupéré dans une ferme de la région de Bouzeguène daté de deux ans, puis on l'avons séché a l'air libre au niveau du laboratoire et le tamisé avant son utilisation.



**Figure 18** : Le fumier du ferme (Originale, 2023).

**b. Le grignon d'olive**

Déchets de l'industrie oléicole : le grignon d'olive ; que nous avons utilisé est ancien (3 ans), nous l'avons récupéré dans une huilerie moderne située dans le village ait bouda, commune d'AZAZGA, Wilaya Tizi-ouzou, puis on l'avons séché au niveau de laboratoire, et le tamisé avant son utilisation.



**Figure 19 : Le grignon d'olive (Originale, 2023).**

**c. Le marc du café**

Résidus du café moulu après infusion : le marc de café que nous avons utilisé, nous l'avons récupéré dans une cafétéria public située dans la région Ouaguenon (Tizi-ouzou). Il s'agit d'un type de café du marque « Facto et Aroma » ; Nous l'avons séché pour éviter le développement des bactéries et des moisissures.



**Figure 20 : Le marc de café (Originale, 2023).**

Ensuite, à l'aide de ces trois sous-produits, on a réalisé 7 substrats :

- GC : mélange de grignon d'olive et marc de café
- FG : mélange de fumier et grignon d'olive
- FC : mélange de fumier et marc de café
- FGC : mélange de fumier, grignon d'olive et marc de café
- GO : grignon d'olive
- MC : marc de café
- FF : fumier de fermer

## 7.2. Semis

Les semences du Persil *Petroselinum crispum* et de la Coriandre *Coriandrum sativum* ont été semées dans des plaques alvéolaires au laboratoire et à l'extérieur.

### 7.2.1. Les étapes du développement des graines du persil et de la coriandre au laboratoire

- a. Semis des graines dans les plaques alvéolaires (294 graines)  $\implies$  12/02/2023.



**Figure 21** : Le semis des graines au laboratoire dans les plaques alvéolaires (bloc 1, 2 et 3) (Originale, 2023).

- b. Pour créer un micro climat pour les graines et accélérer la germination on a mis un sachet fin.
- c. Début de la germination  $\implies$  19/02/2023.
- d. L'arrosage effectué tous les jours.
- e. Ressemer (3 graines par pot) dans les substrats non germés et sortir les plaques alvéolaires à l'extérieur  $\implies$  23/03/2023.

On a ressemé des graines de ces deux variétés par rapport à la difficulté de germination que certaines graines ont subi et n'ont pas été germées et nous les avons remplacées par d'autres graines nouvelles. Pour cela un semis a été dépêché et les plants ont vite pris en croissance.

**Tableau 14:** Calendrier de semis des graines de Persil et de la Coriandre.

Variété	Semis	Ressemé des graines à l'extérieur
Persil <i>Petroselinum crispum</i>	12/02/2023	23/03/2023
Coriandre <i>Coriandrum sativum</i>	12/02/2023	23/03/2023



**Figure 22 :** Résultat final de la croissance des plants du persil (Originale, 2023).



**Figure 23 :** Résultat final de la croissance des plants de la coriandre (Originale, 2023).

**8. Paramètres de croissance et de production****8.1. Nombre de graines germées**

Il est déterminé en fonction du nombre de germes développés. Il peut être considéré comme une source de production et du rendement. Nous avons semis 03 graines dans chaque pot ; qui fait donc 21 dans chaque rangé d'un substrat.

**8.2. Nombre de feuilles par plant**

Le nombre de feuille est une expression du rendement de la plante. Il peut être considéré également comme une source de production et du rendement. Nous avons compté sur trois plants pris au hasard le nombre de feuilles de chaque plant.

**8.3. Longueur finale de la tige**

La longueur finale de la tige est mesurée à l'aide d'une règle de 20cm. Nous avons pris trois plants au hasard par rangé sur deux semis (le persil et la coriandre).

# *Chapitre V*

## *Résultats et discussion*

Notre essai est réalisé sur trois sous-produits agricoles, les tableaux ci-dessous résument les résultats de l'analyse ayant fait objet de notre essai.

**Tableau 17** : Résultats d'analyse des échantillons du fumier de ferme (INSID 2023)

Echantillon	Fumier du ferme
pH (extraction rapport 1 /2.5)	6.11
Phosphore assimilable (ppm)	206.98
Potassium assimilable (ppm)	11627.19

Le fumier de ferme se caractérise par un pH légèrement acide, inférieure à 6.5 avec des teneurs en phosphore et potassium assimilable très élevées, ce qui lui confère une richesse importante pour la bonne alimentation minérale des plantes.

**Tableau 18** : Résultats d'analyse des échantillons de marc du café (INSID 2023)

Echantillon	Marc de café
pH (extraction rapport 1 /1.5)	6.43
Phosphore total % MS	0.25
Potassium % MS	0.35

L'analyse de l'échantillon du marc de café montre que le pH est très proche de la neutralité ( $6.5 < \text{pH} < 7.5$ ) et enregistre une valeur de phosphore total légèrement supérieure à la valeur normale qui est comprise entre 0.10 et 0.20 % MS. Les résultats obtenus pour le potassium total (0.35%MS) indiquent une valeur légèrement supérieure à la valeur de référence pour le marc de café, qui est comprise entre 0.4 et 1.3%MS.

**Tableau 19** : Résultats d'analyse des échantillons de grignons d'olives (INSID 2023)

Echantillon	Grignon d'olive
pH (extraction rapport 1 /1.5)	5.28
Phosphore total % MS	1.29
Potassium % MS	0.60

Les analyses chimiques du grignon d'olive montrent sa richesse en phosphore total (1.29), et une faible teneur en potassium total (0.60), avec un pH légèrement acide.

## 1. Paramètres de croissance et de production

### 1.1. Nombre de graines germées

Le nombre des graines germées est une expression de la vigueur des graines. Au cours de l'essai, la valeur maximale du nombre moyen de graines germées est obtenue avec le persil et le mélange substrat fumier+grignon (16,667). La valeur minimale est obtenue avec le marc de café avec la même espèce (0.667), le tableau 20 illustre ces résultats.

**Tableau 20** : Résultat des moyennes du nombre moyen de graines germées.

	1 (GRICAF)	2 (FUMGR)	3 (FUMCAF)	4 (FUGRCAP)	5 (GRIGNON)	6 (CAFE)	7 (FUMIER)
1 (PERSIL)	4±1,98	16,67±4,22	6±3,41	6,67±5,87	15±2,29	0,67±1,41	16,33±7,02
2(CORIANBRE)	8±1,87	8,33±2,95	13,33±4,52	11,33±5,82	9±7,05	3,67±0,64	16±6,45

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 21) montrent que le facteur substrat a un effet très hautement significatif sur la germination des graines. A cet effet, le substrat au fumier enregistre le meilleur taux de germination des graines comparé aux autres substrats. Le facteur espèce ne montre aucune différence significative. On peut penser que le fumier est de nature légère et aérée ayant permis une bonne germination des graines comparé aux autres.

Cependant, comme le montre le test de Newman et Keuls, les autres substrats tels que le mélange fumier grignon et le substrat pur au grignon d'olive semblent avoir de bonnes caractéristiques pour la germination des graines. Il en est de même pour le fumier café et le mélange fumier café et grignon.

**Tableau 21** : Résultat d'analyses de la variance du nombre moyen de graine germées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1631,643	41	39,796				
VAR.FACTEUR 1	755,143	6	125,857	5,791	0,00065		
VAR.FACTEUR 2	4,024	1	4,024	0,185	0,67359		
VAR.INTER F1*2	305,143	6	50,857	2,34	0,06082		
VAR.BLOCS	2,286	2	1,143	0,053	0,94863		
VAR.RESIDUELLE 1	565,048	26	21,733			4,662	48,34%

**Tableau 22** : Test NEWMAN-KEULS de nombre moyen de graines germées pour le facteur substrat.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
7.0	FUMIER	16,167	A		
2.0	FUMGR	12,5	A	B	
5.0	GRIGNON	12	A	B	
3.0	FUMCAF	9,667	A	B	
4.0	FUGRCAF	9	A	B	
1.0	GRICAF	6		B	C
6.0	CAFE	2,167			C

### 1.2.Nombre moyen de feuilles par plant

Au cours de notre essai, la valeur maximale du nombre moyen des feuilles est obtenue chez le persil avec le substrat au fumier (4.33), et la valeur minimale est obtenue chez la même espèce (le persil) avec le café (0.11), le tableau 23 illustre ses résultats.

**Tableau 23** : Résultat des moyennes du nombre moyen de feuilles par plant.

	1 (GRICAF)	2 (FUMGR)	3 (FUMCAF)	4 (FUGRCAF)	5 (GRIGNON)	6 (CAFE)	7 (FUMIER)
1 (PERSIL)	2±0,11	3,67±0,48	2±0,11	2,67±0,61	3,67±0,66	0,67±1,07	4,33±0,5
2(CORIANDRE)	2±0,11	3,33±0,57	2±0,11	2±0,11	3,67±0,66	2±0,11	3,67±0,48

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 24) montrent que le facteur substrat a un effet très hautement significatif sur la croissance des feuilles. A cet effet, le substrat au fumier enregistre le meilleur taux de croissance des feuilles comparé aux autres substrats. Le facteur espèce ne montre aucune différence significative. On peut dire que le fumier est le meilleur sous-produit agricole et bénéfique pour la croissance des feuilles comparé aux autres. Cependant, comme le montre le test de Newman-Keuls, les autres substrats tels que le mélange fumier grignon et le substrat au grignon semblent avoir de bonnes caractéristiques pour la croissance des feuilles. Il en est de même pour le mélange fumier café grignon

**Tableau 24** : Résultat d'analyses de la variance du nombre moyen de feuilles par plant.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	48,976	41	1,195				
VAR.FACTEUR 1	37,476	6	6,246	23,2	0		
VAR.FACTEUR 2	0,024	1	0,024	0,088	0,76562		
VAR.INTER F1*2	4,143	6	0,69	2,565	0,04352		
VAR.BLOCS	0,333	2	0,167	0,619	0,551		
VAR.RESIDUELLE							
1	7	26	0,269			0,519	19,29%

**Tableau 25 :** Test NEWMAN-KEULS de nombre moyen des feuilles par plant pour le facteur substrat.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES		
7.0	FUMIER	4	A		
5.0	GRIGNON	3,667	A		
2.0	FUMGR	3,5	A		
4.0	FUGRCAF	2,333		B	
3.0	FUMCAF	2		B	C
1.0	GRICAF	2		B	C
6.0	CAFE	1,333			C

**Tableau 26 :** Résultat d'analyses de la variance de l'interaction F1\*2.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES			
7.0 1.0	FUMIER PERSIL	4,333	A			
5.0 1.0	GRIGNON PERSIL	3,667	A	B		
7.0 2.0	FUMIER CORIANDRE	3,667	A	B		
5.0 2.0	GRIGNON CORIANDRE	3,667	A	B		
2.0 1.0	FUMGR PERSIL	3,667	A	B		
2.0 2.0	FUMGR CORIANDRE	3,333	A	B	C	
4.0 1.0	FUGRCAF PERSIL	2,667		B	C	
3.0 2.0	FUMCAF CORIANDRE	2			C	D
1.0 1.0	GRICAF PERSIL	2			C	D
6.0 2.0	CAFE CORIANDRE	2			C	D
1.0 2.0	GRICAF CORIANDRE	2			C	D
3.0 1.0	FUMCAF PERSIL	2			C	D
4.0 2.0	FUGRCAF CORIANDRE	2			C	D
6.0 1.0	CAFE PERSIL	0,667				D

### 1.3. Longueur finale moyenne des tiges

La valeur maximale de la longueur moyenne des tiges est obtenue avec le persil et le fumier (9.51), et la valeur minimale est obtenue avec le marc de café et avec la même espèce (0.05), les résultats sont présentés dans le tableau 27.

**Tableau 27** : Résultat des moyennes de la longueur finale des tiges.

	1 (GRICAF)	2 (FUMGR)	3 (FUMCAF)	4 (FUGRCAF)	5 (GRIGNON)	6 (CAFE)	7 (FUMIER)
1(PERSIL)	0,71± 0,19	8,25± 0,88	1,46± 0,28	3,25± 1,75	8,65± 0,74	0,05± 0,31	9,51± 0,74
2(CORIANDRE)	0,68±0,32	1,39± 0,4	1,57± 0,46	1,08± 0,26	6,98± 0,81	0,66±0,36	7,12±1,23

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 28) montrent que le facteur substrat a un effet très hautement significatif sur la croissance des tiges. A cet effet, le substrat au fumier enregistre le meilleur taux de croissance des tiges comparé aux autres substrats. Le facteur espèce montre une différence très hautement significative. On peut dire que le fumier est également le meilleur substrat qui confère une bonne croissance de tiges comparé aux autres. En effet, comme le montre le test de Newman-Keuls, le substrat au grignon semble avoir de bons effets pour la croissance des tiges.

**Tableau 28** : Résultat d'étude de la variance sur la longueur moyenne des tiges.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	509,741	41	12,433				
VAR.FACTEUR 1	400,869	6	66,811	109,02	0		
VAR.FACTEUR 2	33,019	1	33,019	53,879	0		
VAR.INTER F1*2	58,158	6	9,693	15,817	0		
VAR.BLOCS	1,761	2	0,881	1,437	0,25517		
VAR.RESIDUELLE							
1	15,934	26	0,613			0,783	21,34%

**Tableau 29** : Test NEWMAN-KEULS de la longueur moyenne des tiges pour le facteur substrat.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
7.0	FUMIER	8,313	A				
5.0	GRIGNON	7,817	A				
2.0	FUMGR	4,82		B			
4.0	FUGRCAF	2,165			C		
3.0	FUMCAF	1,518			C	D	
1.0	GRICAF	0,693				D	E
6.0	CAFE	0,357					E

**Tableau 30** : Test NEWMAN-KEULS de la longueur moyenne des tiges pour le facteur espèce.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	PERSIL	4,556	A	
2.0	CORIANDRE	2,782		B

Les résultats du test de Newman et Keuls (tableau 31) montrent que l'interaction fumier persil a enregistré également la meilleure interaction pour une bonne croissance des tiges. En effet, comme le montre le test de Newman-Keuls, les autres interactions telles que l'interaction grignon persil et fumier persil semblent avoir de bons résultats pour la croissance des tiges. Il semble que les deux espèces réagissent de la même manière avec un meilleur comportement pour le persil mieux que la coriandre.

**Tableau 31** : Résultat d'analyses de la variance de l'interaction F1\*2.

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNE			
7.0 1.0	FUMIER PERSIL	9,51	A			
5.0 1.0	GRIGNON PERSIL	8,65	A	B		
2.0 1.0	FUMGR PERSIL	8,253	A	B		
7.0 2.0	FUMIER CORIANDRE	7,117		B		
5.0 2.0	GRIGNON CORIANDRE	6,983		B		
4.0 1.0	FUGRCAF PERSIL	3,253			C	
3.0 2.0	FUMCAF CORIANDRE	1,573				D
3.0 1.0	FUMCAF PERSIL	1,463				D
2.0 2.0	FUMGR CORIANDRE	1,387				D
4.0 2.0	FUGRCAF CORIANDRE	1,077				D
1.0 1.0	GRICAF PERSIL	0,71				D
1.0 2.0	GRICAF CORIANDRE	0,677				D
6.0 2.0	CAFE CORIANDRE	0,663				D
6.0 1.0	CAFE PERSIL	0,05				D

# *Conclusion générale*

Au cours de l'essai, notre étude a porté sur les effets de différents substrats naturels (grignon d'olive, marc de café et le fumier de ferme) sur la germination des graines chez deux espèces persil (*Petroselinum crispum*) et la coriandre (*Coriandrum sativum*).

De nombreuses variables ont été mesurées : nombre moyen de graines germées, nombre moyen des feuilles et la longueur finale moyenne des tiges.

Sur la base d'analyse de la variance sur les deux facteurs étudiés (les sous-produits agricoles et deux espèces), il est ressorti les observations suivantes :

Sur l'ensemble des paramètres de croissance et de production que nous avons mesuré : le nombre des graines germées est affecté par le type du substrat. En effet, le fumier a eu un meilleur taux de germination des graines comparé aux autres substrats. Le facteur espèce ne montre aucune différence significative sur le nombre des graines germées et le nombre moyen des feuilles par jeune plant.

Une différence significative est notée pour la longueur finale de la tige pour le facteur substrat, le fumier est également le meilleur substrat qui confère une bonne croissance de tiges comparé aux autres substrats ainsi qu'aux mélanges ; cependant, le grignon semble avoir de bons effets pour la croissance des tiges.

On peut dire que le fumier, le grignon d'olive et le mélange grignon-fumier sont les meilleurs substrats pour le nombre des graines germées et la longueur finale des tiges.

Le peu des résultats obtenus, est dû à plusieurs facteurs, la présence d'un ravageur qui a causé de nombreux dégâts sur les graines, le taux d'humidité élevé dans les substrats a causé par l'accumulation de l'eau, l'apparition des mauvaises herbes, ayant freiné la croissance des tiges. Aussi la texture lourde du marc de café semble empêcher la circulation de l'oxygène et de l'eau vers les graines et les parties souterraines de la plante.

Pour conclure, nous signalons l'importance de la bonne maîtrise pour une meilleure valorisation des sous-produits agricoles, le persil et la coriandre préfèrent des substrats de textures légères comme est le cas de la matière organique qui a permis la germination facile des graines et a assuré la bonne croissance des plantes.

**En perspective :**

Il est important de valoriser les sous-produits agricoles pour une consommation bio et une meilleure protection de l'environnement, pour cela nous proposons pour les essais futurs :

- Il vaut mieux choisir le fumier de ferme comme substrat naturel car il facilite la germination des graines et leurs assure une bonne croissance par rapport à sa texture légère qui permet l'aération et favorise le flux d'eau aux graines.
- L'utilisation du grignon d'olive et du marc de café est une autre alternative mais ils doivent subir une décomposition ou un compostage pour faciliter sa dégradation.
- Nous encourageons à utiliser les sous-produits agricoles, pour avoir des produits qui respecte la santé du sol, l'homme et de l'environnement.

# *Références bibliographiques*

**Abdul-Baki AA., Anderson, JD (1973).** Détermination de la vigueur des semences de soja par plusieurs critères. *Crop Science*, 13(6), 630-633.

**Adas., 1993.** Les fertilisants organiques. Sciences et techniques de l'an 2000 : 124 pages.

**Ademe A., 2008.** Les avantages du compost. Ademe édition, Paris, pp. 224.

**Agpm., 2018.** Monde : le maïs, une production en croissance. USDA.

**Amanullah U., 2020.** Les teneurs en azote dans le sol, les céréales et la paille du riz hybride diffèrent lorsqu'elles sont appliquées avec différentes sources d'azote organique(ouvre une nouvelle fenêtre). *Agriculture 2020*, vol.10, p386.

**Ammari S., 2011.** Contribution à l'étude de germination des graines des plantes.

**Anzala FJ., 2006.** Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zeamays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. These doctorat. Université d'Angers 148p.

**Bala S., Sharma M., Dashora K., Siddiqui S., Diwan D., Tripathi M., 2022.** Systèmes durables de production de bioénergie basés sur les nanomatériaux : tendances actuelles et perspectives d'avenir. *Nanofabrication*. 2022 ; 7 ; 314–324. DOI : 10.37819/nanofab.007.253.

**Barbulova A., Colucci G., et Aponé F., 2015.** Nouvelles tendances en cosmétiques : les sous-produits d'origine végétale et leur potentiel d'utilisation en tant qu'actifs cosmétiques. 2015, vol.2 n°2, pp 81-92. DOI : 10.3390/cosmetics2020082.

**Benahmed, M., Akkal, S., Elomri, A., Laouer, H., Vérite, P. and Seguin, E.,** Secondary constituents from *Carum montanum*, 44 (4), 510. *Chemistry of Natural Compounds*, (2006).

**Benaissa Miloud M., 2018.** Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques. Thèse de doctorat en science, spécialité biotechnologie.

**Benyahia N., Zein K., 2003.** Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées. Contribution spéciale de « Sustainable Business associates » à l'atelier « Pollution and development issues in the mediterranean basin » 2eme conférence internationale « Swiss environmental solutions for emerging countries » (SECCEC) du 28-29 JANVIER 2003 à Lausanne, suisse.

**Ben Rouina B., Gargouri K., 2002.** Une fertilisation non conventionnelle : L'utilisation des effluents des huileries en agriculture. Séminaire sur la gestion durable des systèmes de production oléicoles. Monastir-Tunisie 1/3/2002

**Blade S., 2008:** Coriander. Alberta Agriculture and Rural Development. Agdex 147/20-2.

**Boldi, A.M.,** *Current Opinion in Chemical Biology*, Libraries from natural product-like scaffolds, 8, 2004, 281.

**Bonin G., 2006.** Connaissance des sols- introduction à la pédologie. P10 ,11.

**Boudissa F., 2012.** Influence des radiations micro-ondes sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive imprègne de margines. Mémoire de Master, faculté des sciences, université MOULOUD MAMMERI, Tizi-Ouzou, 90p.

**Bousetla, A., Akkal, S., Medjroubi, K., Louaar, S., Azouzi, S., Djarri, L., Zaabat, N., Bruneton J.,** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 1999, 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.

**Bravo. J., Juaniz. I., Monente .C., Caemmerer. C., Kroh De Pena. L.W., M.P. et Cid. C., 2012.** Evaluation of Spent Coffee Obtained from the Most Common Coffeemakers as a Source of Hydrophilic Bioactive Compounds. Journal of agricultural and food chemistry, vol. 60: 12565-12573.

**Bruneton J., 2009.** Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales, 4ième édition, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 1269p.

**Burillard L., Daumas V., GlazM., Kouyoumdjian L., LobrotS., Logier D., MALLOT N., Marchand C., 2015.** Les fermentations alimentaires, université de Lorraine.

**Carassou. F., (2015).** Une récupération spécifique du marc de café aurait-elle une plusvalue pour la communauté? cas de l'île de montréal, essai présenté au centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (m. env), université de sherbrooke.

**Chartier F., 2009.** Papilles et Molécules : La science aromatique des aliments et des vins, Les éditions La Presse. Montréal, 215 p.

**Chaussant R., Le Deunff Y., (1975)a -** La germination des semences .Ed. Bordars, Paris, 232p.

**Cheng F., Brewer C., 2021.** Conversion de déchets lignocellulosiques riches en protéines en bioénergie : Examen et recommandations pour l'hydrolyse + la fermentation et la digestion anaérobie. Renouveler. Soutenir. 2021 ; 146 :111167. DOI : 10.1016/j.rser.2021.111167.

**Chen. K.I., Lo. Y.C., Liu. C.W., Chou. C.C. et Cheng. K.C., 2013.** Enrichment of two isoflavone aglycones in black soymilk by using spent coffee grounds as an immobiliser for b-glucosidase. Food Chemistry, vol. 139: 79-85.

**Chilakamarry CR., Sakinah AM., Zularisam A., Sirohi R., Khilji IA., Ahmad N., Pandey A., 2022.** Progrès de la fermentation à l'état solide pour la bioconversion des déchets agricoles en produits à valeur ajoutée : opportunités et défis. Bioressource. Technol. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.126065.

**Clardy, J., and Walsh, C.,** Nature, Lesson from natural molecules, 432, 2004, 729

**Crété, P., Guignard, J., L.** « Précis de botanique, Morphologie des plantes vasculaires reproduction et systématique des bryophytes, des ptéridophytes et des gymnospermes », Tome I. 2<sup>e</sup> édition, Masson & C<sup>ie</sup>, éditeur, Paris, 1968, 8 – 10.

**CTA., 1993.** Les sous-produits agricoles au secours de l'élevage. Spore 47. CTA, Wageningen, the Netherlands.

**Deysson G.,** 1967- Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie, physiologie. Ed Société d'édition déneigement supérieur. Paris, 335p.

**Diacono M., Persiani A., Testani E., Montemurro F., Ciaccia C., 2019.** Recyclage des déchets et sous-produits agricoles dans l'agriculture biologique : production de biofertilisants, performances de rendement et analyse de l'empreinte carbone. Durabilité. 2019 ; 11 : 3824. DOI : 10.3390/su11143824.

**Djamel B., 2015.** La production d'oléagineux en Algérie, Collection dossiers agronomique, Edition 2015.

**Djenontin J.D., Amidou M., Wennink B., 2003.** Valorisation des résidus de récolte dans l'exploitation agricole au nord du Bénin : production de fumier dans le parc de stabulation des bœufs. 2003, p 8.

**Dupont F., 2007.** Systématique moléculaire, Abrégé de botanique, 14e édition, Masson, Issy-les-moulineaux. Paris, 285p.

**El Hajjouji H., 2001.** Evolution des caractéristiques physico-chimiques, spectroscopiques et écotoxicologiques des effluents d'huileries d'olive au cours de traitements biologiques et chimique, 2007.

**El Hamdaoui A., El Habbani R., El Mousadik A., et al., 2017.** Influence of olive mill wastewater on seed germination and early seedling growth of some vegetable crops.

**FAO:Organisation des nations unie pour l'alimentation et l'agriculture ., 2016 :** programmes mixte FOA/OMS sur les norms alimentaire comité du codex pour les épices et les herbes culinaire (3eme session chenai Inde 6-10/02/2017) Cx/Sch 2016.

**FAO 2001.** L'agriculture de conservation est un système cultural qui favorise une perturbation minimale du sol, le maintien d'une couverture permanente du sol et la diversification des espèces végétales.

**FAO Haïti., 2017.** Changement climatique et la réduction des risques de catastrophes : Le paillage (ou mulching), Haïti, Amérique latine et Caraïbes.

**FAO, 2023.** Avantages économiques et environnementaux des sous-produits agricoles.

**FAO, 2014.** Le rôle de l'élevage dans la pollution des terres, de l'eau et de l'atmosphère. Rome : Food and agriculture organisation of the United Nations.

- Ferraro V., Anton M., Santé-Lhoutellier V., 2016.** Les hélices a « sœurs » du collagène, de l'élastine et de la kératine récupérées à partir de sous-produits animaux ; fonctionnalité, bioactivité et tendances d'application. Tendances de la science et de la technologie alimentaires.2016, vol. 51, pp 65-75.
- Gary G.H., Handwerk G.E., Kaise M.J., 2007.** Raffinage du pétrole : technologie et économie (cinquième édition). Presse CRC.
- Ghedira K. &Goetz P., 2015:** Coriandrum sativum L. (Apiaceae): Coriandre. Lavoisier SAS 2015. Phytothérapie (2015) 13 :130-134.
- Ghorbani, A., & Saeidi-Sar, S. (2016).** Plantes médicinales et culinaires : bilan de leurs bienfaits pour la santé humaine. Journal de recherche sur les plantes médicinales, 10(47), 685-695.
- Gomez-de la Cruz., Casanova-Pelaez P.J. et Palomar-Carnicero. J.M., 2015.** A vital stage in the large-scale production of biofuels from spent coffee grounds: The drying kinetics. Fuel Processing Technology, vol. 130: 188-196.
- Goust J., 2006.** Comment produire et conserver ses propres semences de légumes, AVRDC, pp 8-9.
- Greger H., 1987.** Phytochemistry, Olefinic and acetylenicbutenolides from Peucedanumalsaticum. PhysiologischenGesellschaft. Fischer, stuttgart. pp. 5-26.
- Guía-García JL, Charles-Rodríguez AV, Reyes-Valdés MH, Ramírez-Godina F., Robledo-Olivo A., García-Osuna HT, Cerqueira MA, Flores-López ML., 2022.** Micro et nanoencapsulation de composés bioactifs pour des applications agroalimentaires : Une critique. Ind. Culture. Prod. 2022 ; 186 ; pp 115-198. DOI : 10.1016/j.indcrop.2022.115198.
- Gulzar H., Anwar Z., Imran M., et al., 2019.** Journal de durabilité. DOI : 10.3390/su11030752.
- Gupta H.C., 2010.** Manuel des procédés de raffinage du pétrole (quatrième édition). Presse CRC.
- Hammadi C., 2006.** Technologie d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité ; Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Rabat. N °143.
- Heller R., (1990) -** Physiologie végétale. Tome 2: Développement. 4ème édition.Paris, Masson, 266p.
- Huang H., Li T., TianS., Gupta D.K., Zhang X.&Yang X., 2008:**Role of EDTA in alleviating lead toxicity in accumulator species of Sedum alfrediiH.Bioresource Technology99 :6088-6096.
- INRA., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par Jarrige R. Ed INRA France, 476P.

**Institut International de Caféologie (2016).** Projet de Traitement de biodéchets de café vert et torréfié.

**Iqbal, R., et al., 2020.** Avantages agricoles et environnementaux potentiels du paillis. un examen (ouvre une nouvelle fenêtre), Bulletin du Centre national de recherches 44, 75 (2020).

**Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De LAAGE DE MEUX A., MOULARD F., ZHA E., DE LA ROQUE R., DE LA ROQUE O., VICAN P., DEELESALLE -FEAT T., BIAUJEAUD M., RINGUET J., BLOTH J., BOTREL A., 2001.** Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2<sup>ème</sup> édition de VUEF, Hong Kong: 335.

**Itab.,1991.** L'élevage bovin et l'environnement –guide pratique. Annexe : Bâtiments d'élevage bovin et porcine- réglementation et préconisations. Ministère de l'Agriculture, ITEB, 94 pages.

**Jabri Karoui I., Abderrabba M., Marzouk B., 2018.** Valorisation des sous produits des industries agro-alimentaires : les sous produits des industries alimentaires, édition française, p 56.

**Jeam P ., Catmrine T., Giues L., 1998.** Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.

**Jeguirim. M., Limousy. L. et Dutournie P., 2014.** Pyrolysis kinetics and physicochemical properties of agropellets produced from spent ground coffee blended with conventional biomass. Chemical Engineering Research and Design, vol 92: 1876- 1882

**Katzer G. et Fanza J., 2007.** picantissimo. Das Gewürzhandbuch, Göttingen, Verlag Die-Werkstatt/Edition Dia, Berlin, 359 p.

**Khare C.P., 2007:** Indian Medicinal Plants. An Illustrated Dictionary, Heidelberg, 164.

**Lafaurie L., 2019.** Les bienfaits du persil pour la santé, valeur nutritionnelles du persil.

**Lalas S., Athanasiadis V., Gortzi O., Bounitsi M., Giovanoudis I., Tsaknis J. & Bogiatzis F., 2011:** Enrichment of table olives with polyphenols extracted from olive leave. Food Technologie, 27: 442-449.

**Limousy. L., Jeguirim. M., Dutournié. P., Kraiem. N., Lajili. M. et Said. R., 2013.** Gaseous products and particulate matter emissions of biomass residential boiler fired with spent coffee grounds pellets. Fuel, vol. 107: 323-329.

**Liu. K et Price. G.W., 2011.** Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds. Bioresource Technology, vol 102 : 7966-7074.

**Lorenz P., 2001.** New coumarins from Harbourni atrachyleura: isolation and synthesis, ed. Orphie. Paris, 691p.

- Louaar S., Akkal S., Bayet C., Laouaar H., and Guillet D., 2008.** Chemistry of Natural Compounds, Flavonoids of aerial parts of an endemic species of the Apiaceae of Algeria, *Ammoidesatlantica*, 44(4), 516p.
- Low. J.H., Rahman. W.A.W.A et Jamaluddin. J., 2015.** Structural elucidation of tannins of spent coffee grounds by CP-MAS <sup>13</sup>C NMR and MALDI-TOF MS. *Industrial Crops and Products*, vol. 69: 456-461.
- Lynch, M., 2009.** Tauxe, R.V. ; Hedberg, C.W. Le fardeau croissant des épidémies d'origine alimentaire due à des produits frais contaminés: risques et opportunités. *Épidémiol. Infecter*, 137, 307–315.
- Maachou H.M., et Otmane T., 2016.** L'agriculture périurbaine à Oran (Algérie) : diversification et stratégies d'adaptation. vol. 25 n°2, 2016, p 9. DOI : 10.1051/cagri/2016011.
- Maggi F., Cecchini C., Gresci A., Coman M.M., Trillini B., Segratini G. and Fitoterapi A., 2009.** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Ferula glauca* L. (*F. communis* L. subsp. *glauca*) growing in Marche (central Italy), pp 80-68.
- Mansour-Benamar. M., (2016).** Valorisation de résidus agricoles par la culture de deux souches de champignons comestibles du genre *Pleurotus* Thèse de doctorat en Sciences Biologiques, option Biologie Végétale, Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou.
- Mansour-Benamar. M., Savoie J.-M., Chavant L., 2013.** Valorisation of a solid olive mill wastes by cultivation of a local strain of edible mushroom. *Comptes Rendus Biologie*, 336.
- Mathias M.E., 1994:** « Magic , myth and medicine » , *Econ .Bot* ;48 :3-7.
- Mazliak P., 1982** – Croissance et développement. *Physiologie végétale II*. Hermann Ed, Paris, Collection Méthodes, 465p.
- Mechri B., Tekaya M., Cheheb H., et al. 2021.** Olive oil waste enhances seed germination, seedling growth and biochemical parameters of *coriandrum sativum* L. *biochemical and cellular archives*. 2021, vol.21 n°3, pp5793-5799.
- Mighri Z., 2010.** *Chemistry & Biodiversity*, Two new Sesquiterpene Derivatives from the Tunisian Endemic *Ferula*. Ed. tunetana, Tunisia, 392p.
- Ministère du commerce. 2018.** Statistiques et bilans. Produits alimentaires, Facture des importations sur les huit premiers mois 2018.
- Morel-Chevillet G., 2018.** L'économie circulaire : une source d'innovation pour les agriculteurs urbains, [Vertigo] la revue électronique en science de l'environnement, septembre 2018. DOI: 10.4000/vertigo.21753.

**Mugeniwabagara E., 2015.** La valorisation énergétique de la biomasse : une solution durable pour l'Afrique ? 2015, vol.3 n°3, p 244.

**Nahli A., Hebabaze S., Chlaida M., 2017.** Etude expérimentale de traitement aérobie et anaérobie des effluents liquides d'une industrie agroalimentaire, conférence : le congrès international de l'ingénierie de l'environnement et des énergies renouvelables (INCEERE 2017). A El jadida, Maroc.

**Nazfaoui A., 1984.** Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier. In : Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Etude FAO production et santé animales, Rome.43.

**Nefzaoui A., 1988.** Valorisation des sous produits de l'olivier, In : Tisserand J L (ed), Alibes X, (ed) : fourrages et sous produits méditerranéennes, Zaragoza : CIHEAM, 1991, pp 101-108 (options méditerranéennes : série A, séminaires méditerranéens ; n,16).

**Nazari.E., 2011.** Phytotherapy Research, Biologically Active Sesquiterpene Coumarins from Ferula Species, BIO d'aquitaine, pp 25-32.

**Newman D. J., Cragg, G. M.,** Journal of Natural Products, Natural products as sources of new drugs over the period 1981 to 2010, 75, 2012, 311.

**Pereira T.S., Delarmelina W.M., et Moraes G.J., 2017.** Biological effects of coffee pulp on germination and development of melon seeds. Pesquisa agropecuaria tropical, 2017, vol.47 n°3, pp 326-333.

**Pierre J.S., 2007.** Les mathématiques contre les pucerons. Biofuture 279 :26p.

**Prior R. M., Lundgaard N. H., Light M. E., Stafford C. I., Van staden J. and Jaeger A. K., 2007.** Journal of Ethnopharmacology, The polyacetylenefalcarindol with COX-1 activity isolated from Aegopodium podagraria L., pp. 113-176.

**Quezel P. et Santa s., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, Ed. centre national de la recherche scientifique (CNRS), Paris 7e 566 p.

**Quezel P. et Santa s., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

**Rapport n°646 de l'OPECST (Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques) par (Courteau, 2020).**

**Rawat P., Kumar G., Agarwal P., et al., 2020.** Journal de la production plus propre. DOI : 10.1016/j.jclepro.2019.1187662

**Rouillé B., Brunschwlg P., 2012.** Alternative au tourteau de soja. TERRA, 39p.  
**Schilling C., 2019.** Les sous-produits de l'agriculture comme ingrédients de maquillage durable.

**Siboukeur A., 2013.** Appréciation de la valeur fertilisante de différents types de fumier. Mémoire du Magister. Université d'Ouargla.

**Smil V., 1999.** Résidus de cultures : les plus grands résidus de cultures de récolte de l'agriculture incorporent plus de la moitié de la phytomasse agricole mondiale, *BioScience*, vol. 49, n°4, 1999, pp 299-308.

**Simitsis P., 2018.** Les sous-produits agro-industriels et leurs composés bioactifs, un allié contre le stress oxydatif et le vieillissement cutané. 2018, vol. 5 n°4. DOI : 10.3390/cosmetics5040058.

**Singh DN., Tripathi M., Singh VS., Singh R., Gaur R., Pathak N., 2022.** Gestion des déchets agricoles : bioconversion des déchets agricoles en produits valorisés. Dans : Tripathi M., Singh DN, éditeurs. *Bioremediation : Défis et avancées*. Éditeur scientifique Bentham ; Singapour : 2022. pp. 225–253.

**Soltner D., 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.

**Souza S., Oliveira L.F., Nakamura M.J., Calonego J.C., Dias F.L., et Arf O., 2015.** Effect of coffee husk on the germination and vigor of soybean seeds. 2015, vol.45 n°12, pp 2301-2306.

**Speight J.G., 2013.** La chimie et la technologie du pétrole (quatrième édition). Presse CRC.

**Teuscher E., Anton R. et Lobstein A., 2005.** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles, Tec & Doc, Paris, 522 pp.

**Theriez M., Boule G., 1970.** Valeur alimentaire du tourteau d'olive. *Annales de Zootechnie*, 1970, 19 (2) :143-157.

**Usmani Z., Sharma M., Diwan D., Tripathi M., Whale E., Jayakody LN, Moreau B., Thakur VK, Tuohy M., Gupta VK., 2022.** Valorisation de la pulpe de betterave sucrière en produits à valeur ajoutée : A examen. *Bioressource. Technol.* 2022 ; 346 :126580. doi : 10.1016/j.biortech.2021.126580.

**Valadares F., Pinto T., Barros J., et Teixeira J.A., 2019.** Valorisation of coffee silverskin for food and cosmetic applications. *Foods*, 2019, vol.8 n°4, p147.

**Vignali M., Monloubou M.C., Bussy A.L., et al., 2019.** Technologie et science de l'emballage. DOI : 10.1002/pts.2460.

**Vignerot J., 1967.** L'arrosage et les propriétés physiques du sol. Ingénieur au service des sols à la C.N.A.B.R.L bas Rhône Languedoc. 29p.

**Wichtl M., Anton R., 2003.** Plantes thérapeutiques, tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 2e édition, EMInter / Tec & Doc éditions, Paris, pp 135-7.

**Wicht el., M. et Auton, R.** « Plantes thérapeutiques », Ed. Tec. & Doc. **1999** , 405 - 409;35 - 37; 187 – 190.

**Yong KJ ., Wu TY., 2022.** Bioénergie de deuxième génération à partir de résidus de cultures oléagineuses ; technologies récentes, évaluations et politiques technico-économiques. Conversationsd'énergie. DOI: 10.1016/j.enconman.2022.115869.

**BANQUE MONDIALE, 2023.** Agriculture et alimentation [en ligne]. 31 mars 2023. [Consulté le 20 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/agriculture/overview>.

**CALIFORNIA STATE UNIVERSITY CHICO, 2023.** Amendements des sols et inoculants [en ligne]. 2023. [Consulté le 30 mai]. Disponible à l'adresse : <https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/ra101-section/inoculants-compost-manure.shtml>

**CENTERBLOG, 2017.** Mes plantes aromatiques, ma passion [en ligne]. 11 Novembre 2017. [Consulté le 15 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <http://mes-aromatiques-et-moi.centerblog.net/12-la-coriandre>.

**CHAMBRE D'AGRICULTURE NORMANDIE, 2023.** La gestion des déchets [en ligne]. 2023. [Consulté le 28 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://lot.chambre-agriculture.fr/agro-environnement/dechets-effluents/gestion-des-dechets/>.

**CULTURE SUCRE, 2022.** Les coproduits de la betterave et de la canne à sucre [en ligne]. 13 mai 2022. [Consulté le 27 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cultures-sucre.com/developpement-durable/les-coproduits-de-la-betterave-et-de-la-canne-a-sucre/>.

**IRDA, 2023.** Valorisation des résidus [en ligne]. 2023. [Consulté le 25 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.irda.qc.ca/fr/services/pratiques-agricoles/valorisation-residus/LA>

**SELECTRA, 2022.** Biomasse : définition, production, et avantages [en ligne]. 21 novembre 2022. [Consulté le 27 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://selectra.info/energie/guides/environnement/biomasse>.

**UNIMER 1969, 2020.** Durabilité environnementale, économique et sociale [en ligne]. 2020. [Consulté le 23 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.unimerfertilizzanti.it/fr/service/durabilite-environnementale-economique-sociale>.

## Résumé

Les sous-produits agricoles présentent des intérêts économiques et écologiques multiples ; leur valorisation peut favoriser l'émergence d'une économie circulaire. Ces matières peuvent être exploitées de différentes manières pour bénéficier à l'agriculture ainsi qu'à l'environnement. Ils permettent de réduire les coûts de production, d'explorer de nouveaux marchés, d'assimiler les déchets organiques, de plus, ils améliorent la qualité du sol et préservent la biodiversité.

L'objectif de ce travail était de valoriser les sous-produits suivants : Fumier de ferme, grignon d'olive et le marc de café ; et étudier leurs effets sur les paramètres de germination, de croissance et de production chez ces deux espèces : Persil (*Petroselinum crispum*) et Coriandre (*Coriandrum sativum*). Notre essai est réalisé au Laboratoire de physiologie végétale de département agronomie au niveau de BASTOS (UMMTO). Les résultats montrent que le fumier de ferme a enregistré de meilleurs résultats que les autres types de fertilisations organiques (Grignon d'olive, Marc de café).

**Mots clés :** sous-produits-agricoles, valorisation, Persil *Petroselinum crispum*, Coriandre *Coriandrum sativum*, germination.

## Abstract

Agricultural by-products have multiple economic and ecological interests; their recovery can promote the emergence of a circular economy. These materials can be exploited in different ways to benefit agriculture and the environment. They make it possible to reduce production costs, to explore new markets, to assimilate organic waste, moreover, they improve the quality of the soil and preserve biodiversity.

The objective of this work was to valorize the following by-products: Farmyard manure, olive pomace and coffee grounds; and study their effects on germination, growth and production parameters in these two species: Parsley (*Petroselinum crispum*) and Coriander (*Coriandrum sativum*). Our test is carried out at the Plant Physiology Laboratory of the Agronomy Department at BASTOS (UMMTO). The results show that farmyard manure performed better than other types of organic fertilization (olive pomace, coffee grounds).

**Keywords :** agricultural by-products, valorization, Parsley *Petroselinum crispum*, Coriander *Coriandrum sativum*, germination.