



République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département de Biochimie et Microbiologie

Mémoire de fin d'études

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME de MASTER EN BIOTECHNOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION DES PLANTES

Thème :

**Etude comparative de l'effet de deux échantillons de
margines sur la germination et la levée de l'orge
'*Hordeum vulgare* L. ' variété Fouara
en conditions contrôlées.**

Réalisé par :

DEMIK Yamina

Soutenu le 30/12/2020 devant le jury composé de :

Présidente:	Mme. MESTAR GUECHAOUI N.	MCA	UMMTO
Promotrice :	Mme. DERMECHE S.	MCB	UMMTO
Co- Promotrice :	Mme. BOUDIAF NAIT KACI M.	MCA	UMMTO
Examineur:	Mr. BOUACEM K.	MCB	UMMTO

Année Universitaire : 2019-2020

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ma promotrice Mme DERMECHE, de m'avoir proposé le sujet, de m'avoir bien orienté et de m'avoir permis de réaliser une expérimentation malgré la pandémie du COVID-19, je la remercie également pour son soutien et ses encouragements durant cette période.

Je tiens aussi à remercier ma co-promotrice Mme BOUDIAF, pour son orientation, ses conseils bienveillants et pour m'avoir permis de mener ce travail dans les meilleures conditions.

Je suis honorée par la présence de Mme MESTAR, je la remercie pour avoir accepté de présider le jury et d'examiner mon mémoire.

Je suis honorée par la présence de Mr BOUACEM dans le jury, je le remercie d'avoir accepté d'examiner le travail.

Je tiens à remercier Mme SMAIL pour sa précieuse aide et ses précieux conseils concernant le traitement des données statistiques.

J'exprime mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin et encouragé pour la réalisation de ce mémoire.

DEDICACE

Je dédie ce travail à mes chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études, à mes sœurs Sabrina et Hayat, ainsi qu'à son mari Ali et mon petit neveu Mahmoud, à mon frère Mohand, à ma grand-mère et à tous mes amis(es) et mes proches qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments les plus difficiles.

Liste des abréviations

T : tonnes

ha : hectares

CE : conductivité électrique

% : pourcentage

MO : matière organique

M.M : matière minérale

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DBO : Demande Biologique en Oxygène

mS/cm: Milli siemens/centimètre

d : diamètre

%G : taux de germination

PMG : poids de mille grains

COI : Conseil oléicole international.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

FDMS : Ferme de Démonstration et de Multiplication des Semences

ITIS : Integrated Taxonomic Information System

ICARDA : International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

Liste des figures

Figure 1. Aspect morphologique d'un olivier cultivé.....	5
Figure 2. Unité de trituration par presse	7
Figure 3. Schéma des étapes d'extraction de l'huile d'olive par presse	8
Figure 4. Système d'extraction continu à trois phases	8
Figure 5. Schéma des étapes d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation continue à trois phases.....	9
Figure 6. Système d'extraction continu à deux phases	9
Figure 7. Schéma représentant les étapes d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à deux phases	10
Figure 8. Aperçu du grignon d'olive	10
Figure 9. Les margines d'olive	11
Figure 10. Acides phénoliques	14
Figure 11. Alcools phénoliques.....	15
Figure 12. Flavonoïdes	15
Figure 13. Volume moyen des constituants du sol.....	21
Figure 14. Disponibilité des nutriments dans le sol selon le pH	22
Figure 15. Aspect morphologique de l'orge <i>Hordeum vulgare L.</i>	25
Figure 16. Représentation du cycle de développement de l'orge <i>Hordeum vulgare L.</i>	26
Figure 17. Situation géographique du lieu d'échantillonnage du sol et zonation des oliveraies desquelles sont issues les margines	27
Figure 18. Aspect des deux échantillons de margines.....	28
Figure 19. Semences d'orge (<i>Hordeum vulgare L.</i> var. fouara).....	28
Figure 20. Lieu d'échantillonnage du sol	29
Figure 21. Test de germination sur boîtes de Pétri.....	31
Figure 22. Préparation du test de croissance de l'orge.....	32

Figure 23. Aspect des cendres obtenues après incinération des échantillons de margines utilisées dans la présente étude.	35
Figure 24. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à 28°C.....	39
Figure 25. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à 37°C.....	39
Figure26. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à la température ambiante ($\approx 15^{\circ}\text{C}^{\circ}$).....	40
Figure 27. Aperçu de la croissance de l'orge <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>fouara</i>	41
Figure 28. Croissance moyenne de la partie aérienne de l'orge selon les différents traitements.....	43

Liste des tableaux

Tableau I. Classification de l'olivier cultivé (<i>Olea europaea</i> subsp. <i>europaea</i>)	4
Tableau II. Données approximatives d'entrées-sorties pour les trois types de procédés d'extraction d'huile d'olive	11
Tableau III. Caractéristiques physico-chimiques des margines extraites par procédé de centrifugation continu à trois phases	12
Tableau IV. Composition minérale des margines	13
Tableau V. Classification de l'orge commune (<i>Hordeum vulgare</i>)	24
Tableau VI. Concentrations effectuées pour le test de germination sur boîtes de Pétri.....	30
Tableau VII. Concentrations effectuées pour le test de croissance sur pots.....	33
Tableau VIII. Caractérisation des échantillons de margines.	34
Tableau IX. Germination de l'orge au températures testées selon différents traitements.....	37
Tableau X. Germination de l'orge sur pots à la température ambiante $\approx 15^{\circ}\text{C}$	40

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Première partie : Synthèse bibliographique

I. L'olivier et l'oléiculture 3

I.1. Origine et historique de l'olivier 3

I.2. Description de l'olivier cultivé 3

I.2.1. Le système racinaire 4

I.2.2. La partie aérienne 4

I.2.3. Les feuilles 4

I.2.4. L'inflorescence 4

I.2.5. Le fruit..... 5

I.3. L'oléiculture dans le monde 5

I.4. L'oléiculture en Algérie 6

I.5. Procédés d'extraction de l'huile d'olive 6

I.5.1. Systèmes d'extraction par presses 7

I.5.2. Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases..... 8

I.5.3. Système continu d'extraction avec centrifugation à deux phases 9

I.6. Les sous-produits de l'oléiculture 10

I.6.1. Le grignon d'olive 10

I.6.2. Les margines (eaux de végétation)..... 11

II. Les margines 12

II.1. Composition des margines..... 12

II.1.1. Composition minérale 13

II.1.2. Composante organique 13

II.1.2.1. Phénols 13

a. Acides phénoliques..... 14

b. Alcools phénoliques 14

c. Flavonoïdes..... 15

II.1.2.2. Composante polysaccharidique	15
II.1.2.3. Glucides	16
II.1.2.4. Acides organiques.....	16
II.1.2.5. Protéines	16
II.2. La pollution causée par les margines	16
II.3. Traitement et valorisation des margines	17
II.3.1. Méthodes de traitement biologiques des margines	17
II.3.1.1. Bassins d'évaporation.....	17
II.3.1.2. Biodégradation aérobie	18
II.3.1.3. Digestion anaérobie	18
II.3.2. Valorisation agricole des margines	19
II.3.2.1. Epannage et fertilisation des sols avec les margines	19
II.3.2.2. Compostage des margines	20
III. Le sol.....	20
III.1. Définition du sol	20
III.2. Constituants du sol.....	20
III.3. Propriétés du sol	21
III.3.1. Propriétés physiques	21
III.3.1.1. Texture	21
III.3.1.2. Structure	21
III.3.1.3. Porosité.....	22
III.3.2. Propriétés chimiques.....	22
III.3.2.1. Potentiel en hydrogène : pH	22
III.3.2.2. Complexe argilo-humique.....	23
III.3.3. Activités enzymatiques du sol	23
IV. L'orge.....	23
IV.1. Importance de l'orge	23
IV.2. Taxonomie	24
IV.3. Description	24
IV.4. Cycle de développement	25
IV.5. La variété Fouara.....	26
 Deuxième partie : Matériel et méthodes	
1. Matériel biologique	27
1.1. Margines	27
1.2. Orge	27

1.3. Substrat.....	28
2. Matériel du laboratoire.....	29
3. Présentation du dispositif expérimental.....	29
3.1. Paramètres physico-chimiques des margines.....	29
3.1.1. Détermination du pH.....	29
3.1.2. Détermination du taux d'humidité et de la matière sèche.....	29
3.1.3. Matière organique et minérale.....	30
3.2. Test de germination sur boîtes de Pétri.....	30
3.3. Test de croissance sur pots.....	32
3.4. Analyse statistique des données.....	33
Troisième partie : Résultats et discussion	
1. Caractérisation des margines.....	34
2. Test de germination.....	36
2.1. Test de germination sur boîtes de Pétri.....	36
2.2. Test de germination sur pots.....	40
3. Test de croissance.....	40
Conclusion et perspectives.....	46
Références bibliographiques.....	48

Annexes

Résumé

Abstract

Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare*) figure parmi les sept céréales les plus cultivées dans le monde. C'est une source d'alimentation humaine et de fourrage (Sullivan et *al.*, 2012). L'orge est une espèce possédant une grande capacité d'adaptation ainsi qu'un cycle court, son utilisation comme plante test est donc appréciée dans la biotechnologie. Son rendement peut facilement être augmenté par fertilisation (Khaldoun, 1989). La variété Fouara est une orge d'hiver à six rangs qui est multipliée et distribuée par l'ITGC (Institut Technique des Grandes Culture) (Bensemane, 2015).

Le sol est la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable (Demelon, 1952). Il est considéré comme le support et le substrat de culture des plantes, c'est une zone exploitée par les racines où elles prélèvent les nutriments essentiels à leur développement grâce aux différents échanges d'ions effectués entre la plante et le sol.

L'olivier (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sativa*) est un arbre originaire du nord-est du levant. Emblématique du paysage méditerranéen, il est cultivé depuis des millénaires pour la précieuse huile extraite de ses fruits (Besnard et *al.* 2013). Actuellement l'industrie oléicole représente un secteur en pleine croissance. L'Algérie figure parmi les pays oléicoles avec une production qui se concentre dans certaines wilayas comme Tizi Ouzou (Lamani et Ilbert, 2016).

Il existe différents procédés d'extraction de l'huile d'olive selon le système utilisé. Le système de presse dit discontinu sépare la phase liquide de la phase solide par la pression exercée, alors que le système d'extraction continu sépare ces deux phases grâce à la force centrifuge (Chimi, 2006). Selon le système utilisé, l'extraction génère une quantité importante de sous-produits oléicoles, les sous-produits solides dits grignons se composent de la coque du noyau d'olive avec des résidus de la pulpe (Rubia-Garcia et *al.*, 2012 ; Dermeche et *al.*, 2013), quant au sous-produit liquide dit margines ou eaux de végétation, elles contiennent la pulpe des olives et l'eau utilisée durant l'extraction de l'huile (Gullon et *al.*, 2020).

Les quantités élevées de margines produites, ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques provoquent des effets nuisibles sur l'environnement et sont considérées comme source de pollution (Di Mauro et *al.*, 2019). À cet effet, plusieurs méthodes de traitement ont été proposées afin de remédier à cette toxicité, notamment les traitements biologiques (Paraskeva et Diamadopoulos, 2006). Cependant certains constituants des margines (l'eau, la composante minérale, les polyphénols, les protéines) pourraient être exploités et valorisés dans plusieurs domaines. Dans le domaine agronomique beaucoup de travaux, comme ceux de Barbera et *al.* (2013) ; Belaqziz et *al.* (2016) ; Mohawesh et *al.*, (2019), ont porté sur la

valorisation des margines par leur utilisation autant que source d'irrigation et de fertilisation des cultures, cette alternative de gestion des margines est économique et respectueuse de l'environnement.

La présente étude a pour objectif principal la valorisation agricole des margines autant que source de fertilisation et d'irrigation des cultures par l'étude de l'effet de deux échantillons de margines sur la germination et la levée de l'orge (*Hordeum vulgare*) variété Fouara en conditions contrôlées.

Afin d'atteindre cet objectif, ce manuscrit est subdivisé en trois principale parties. La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique portant sur l'olivier et l'oléiculture, les margines et leur traitement et valorisation agricole, le sol ainsi que l'orge. La seconde partie est dédiée à la présentation du protocole expérimental effectué pour les différents tests, suivi de la troisième partie comportant les résultats obtenus et leurs discussions. Une conclusion et des perspectives viendront clore cette étude.

Première partie

Synthèse bibliographique

I. L'olivier et l'oléiculture

I.1. Origine et historique de l'olivier

L'olivier cultivé (*Olea europaea* L. subsp. *europaea* var. *europaea*) est considéré comme l'arbre le plus emblématique du bassin méditerranéen, avec des origines liées à l'émergence de certaines des civilisations les plus anciennes, il y a environ six millénaires. L'huile d'olive constituait la principale source de graisses nutritionnelles et le produit d'exportation le plus précieux (Loumou et Giourga, 2003).

Néanmoins cette origine est mal connue, les botanistes ont classé l'oléastre et l'olivier cultivé en deux variétés ;

- L'olivier cultivé : *Olea europaea* Linné ssp *Sativa*.
- L'olivier sauvage ou oléastre : *Olea europaea* Linné ssp *Sylvestris*.

Supposant que l'oléastre avait servi de départ à la multiplication des meilleurs arbres pour constituer les premiers cultivars (Besnard et Bervillé, 2000).

Le premier pool génétique de l'olivier domestiqué était plus susceptible de s'être propagé avec l'agriculture, d'abord au nord-est du levant qui est le berceau de la domestication primaire de l'olivier, puis dans l'ensemble du levant et à Chypre, avant d'être progressivement disséminé en Méditerranée occidentale et au nord de l'Afrique (Besnard et *al.* 2013).

En Algérie, les Berbères avaient appris des Phéniciens à cultiver l'olivier, les romains ont bénéficié de cette expérience et ont propagé et fait prospérer cette culture en combattant la sécheresse et aussi en luttant contre les habitudes ancestrales des populations naturellement portées à mener une existence de nomades et de bergers, cette œuvre a donc apportée richesse au pays et un bien être à sa population sédentaire (Camps-fabrer, 1953).

I.2. Description de l'olivier cultivé

L'olivier (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*) est une espèce diploïde ($2n=2x=46$), c'est la principale espèce cultivée appartenant à la famille des *Oleaceae* monophylétiques au sein du clade des astérides . Le genre *Olea* comprend 30 espèces, les ressources génétiques primaires de l'olivier sont classées taxonomiquement dans le complexe *Olea europaea* dans lequel six sous-espèces sont reconnues (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

Tableau I. Classification de l'olivier cultivé (*Olea europaea* subsp. *europaea*) (Guignard et Dupont, 2004).

Règne	Plantae
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Astéridés
Ordre	Lamiales
Famille	Oleaceae
Genre	<i>Olea</i>
Espèce	<i>Olea europaea</i>
Sous espèce	<i>europaea</i>

I.2.1. Le système racinaire

L'olivier cultivé peut atteindre des hauteurs allant de quelques mètres à 20 m seulement, son système racinaire est généralement peu profond, s'étendant jusqu'à 0,9 - 1,2m, et peut se renouveler après que le sommet de l'arbre soit endommagé (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

I.2.2. La partie aérienne

La partie aérienne de l'olivier est reconnaissable à l'assemblage dense de membres, aux entre-nœuds courts et à la nature compacte du feuillage (figure 1 (A)). La lumière ne pénètre pas facilement à l'intérieur d'un olivier à moins que l'arbre ne soit bien géré et taillé. Si non taillés, les oliviers développent plusieurs branches avec des membres en cascade, qui sont capables de transporter de grandes populations de fruits sur des rameaux terminaux pendants et flexibles (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

I.2.3. Les feuilles

Les feuilles d'olivier sont épaisses, coriaces et disposées de manière opposée (figure 1 (B)), chaque feuille pousse sur une période de 2 ans. Les feuilles ont des stomates sur leurs faces basales uniquement, les stomates sont nichés dans des trichomes peltés qui limitent la perte d'eau et rendent l'olivier relativement résistant à la sécheresse (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

I.2.4. L'inflorescence

Les boutons floraux sont portés à l'aisselle de chaque feuille. Chaque inflorescence contient 15 à 30 fleurs, selon le cultivar. L'olivier est une plante monoïque, les fleurs naissent axialement le long de la pousse, elles sont disposées en panicules et se composent d'un petit

calice, 4 pétales, 2 étamines avec un filament supportant une grande anthère pollinique et un pistil vert prune avec un style court et un gros stigmate. Les fleurs sont petites, jaune-blanc et peu visibles (figure 1(C)) (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

I.2.5. Le fruit

Le fruit qui est l'olive est une drupe à peau lisse, à enveloppe charnue sa forme ovoïde est typique. Sa couleur, d'abord verte, vire au bleu violacé et au noir à maturité complète, vers octobre novembre dans l'hémisphère nord (figure 1 (D)). Le fruit renferme une endocarpe très dur, osseuse (figure 1 (E)) qui contient une graine, quelques fois deux. (Gigon et Le Jeune, 2010).

L'olive est un aliment et la source d'une huile alimentaire issue de son enveloppe charnue riche en graisses. L'huile est obtenue lors d'une trituration des fruits (du péricarpe et non de la graine) dans un moulin à huile spécifique. Sa teneur en huile et la teneur de l'huile en différents constituants varient en fonction du terroir, des pratiques culturales locales, du cultivar et du stade de maturité à la récolte (Gigon et Le Jeune, 2010).



Figure 1. Aspect morphologique d'un olivier cultivé (A), feuilles (B); inflorescence (C); fruits (D); endocarpe (E) (Chiappetta et Muzzalupo, 2012).

I.3. L'oléiculture dans le monde

La culture de l'olivier représente une forte valeur patrimoniale en région méditerranéenne, où la production d'huile d'olive représente environ 97% de la production mondiale (Roussos, 2009).

En réponse à la demande croissante d'huile d'olive dans le monde, une forte croissance du secteur industriel de l'huile d'olive a été expérimentée à la suite de la modernisation des moulins à huile d'olive au cours des dernières décennies (Chimi, 2006).

Les chiffres de performance pour la campagne oléicole 2017/2018 indiquent une croissance mondiale par rapport à la précédente. Les données du conseil oléicole international (COI) pour novembre 2017, estiment la production mondiale à 2900000 tonnes (t). La production conjointe de l'Espagne ; qui est le premier producteur mondial d'huile d'olive, de l'Italie, de la Grèce et du Portugal totalisant environ 1 800 000 t. Ces pays sont suivis par l'Algérie, l'Argentine, la Jordanie, le Maroc, la Palestine, la Tunisie et la Turquie, qui auraient produit conjointement plus de 800 000 t d'huile d'olive, et par les pays non membres ; la Syrie, l'Australie et le Chili, avec 177 000 t (COI, 2020).

I.4. L'oléiculture en Algérie

L'Algérie étant en grande partie désertique, ses potentialités agricoles sont limitées avec seulement 20% de la surface utilisable pour l'agriculture (Lamani et Ilbert, 2016). L'olivier occupe à l'échelle nationale environ 45 % de la surface arboricole (Roussos, 2009). La filière oléicole occupe 389 000 ha, le verger oléicole est localisé en grande partie en zone de montagne dans la Kabylie (Lamani et Ilbert, 2016).

Au cours de la campagne 2010/2011, l'Algérie avait produit 5,2 millions de quintaux d'olives et 67 000 t d'huile d'olive, hissant le pays à la 8ème place mondiale, derrière respectivement l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Tunisie, la Turquie, la Syrie et le Maroc. Une production qui se concentre généralement dans certaines wilayas comme Bejaïa, Tizi Ouzou et Bouira (Lamani et Ilbert, 2016).

Selon les données qui ont été élaborées par l'unité économie et promotion du CIO sur la base des chiffres officiels communiqués par les pays membres pour la campagne 2018/19, l'Algérie montre une production de 97000 t d'huile d'olive soit 17,6% de plus que la campagne précédente (CIO, 2020).

I.5. Procédés d'extraction de l'huile d'olive

L'objectif idéal de toute méthode d'extraction consiste à produire la plus grande quantité d'huile possible sans altération de sa qualité d'origine. Toutefois, si la qualité ne doit pas être modifiée, il est nécessaire d'utiliser uniquement des méthodes mécaniques ou physiques pour extraire l'huile, en évitant les réactions chimiques qui pourraient changer sa composition naturelle (Uceda et al., 2006).

Selon Uceda et *al.*, 2006, le procédé d'extraction de l'huile d'olive reste le même selon quatre opérations principales :

- Les opérations préliminaires (nettoyage des fruits)
- Le broyage
- Le malaxage
- La séparation des phases liquides (huile et eau)

Les systèmes d'extraction de l'huile d'olive sont essentiellement de trois types :

I.5.1. Système d'extraction par presses

Les presses sont classées selon la pression exercée, des presses métalliques à vis ou des presses hydrauliques sont utilisées, la pâte issue du broyage est empilée sur les scroutins sur lesquels sont appliquées des pressions progressives (figure 2), la durée totale de l'opération de pressage réalisée en une seule fois varie entre 45 et 60 minutes. Les inconvénients avec ce système sont qu'il entraîne une altération de l'huile du fait des opérations de broyage et de pressage de la pâte qui sont faites en plein air, ce qui déclenche une auto-oxydation de l'huile provoquant la dégradation des acides gras insaturés (Chimi, 2006). Les étapes d'extraction de l'huile d'olive par presse sont présentées dans la figure 3.



Figure 2. Unité de trituration par presse (Chimi, 2006).

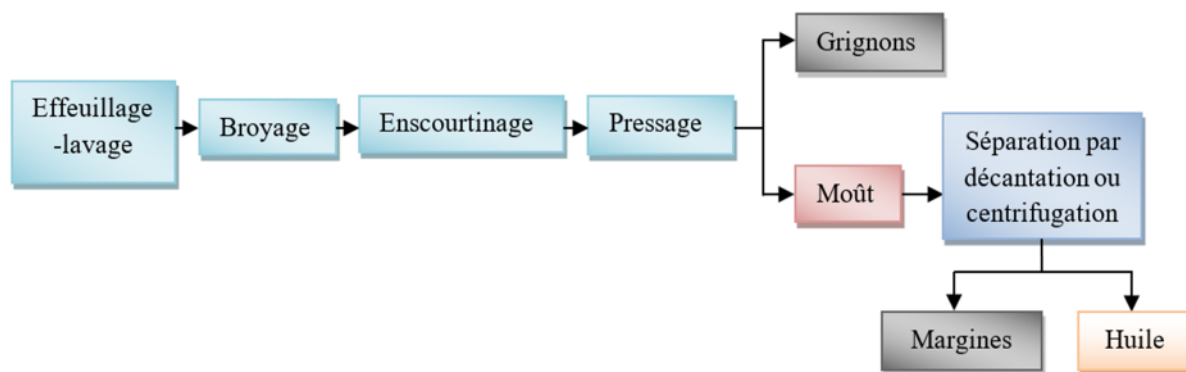


Figure 3. Schéma des étapes d'extraction de l'huile d'olive par presse (Chimi, 2006).

I.5.2. Système continu d'extraction avec centrifugation à trois phases

L'introduction des installations d'extraction par centrifugation à trois phases (huile, margine, grignon) (figure 4) a permis de réduire les coûts de transformation et la durée de stockage des olives, avec comme conséquence une production oléicole de moindre acidité. Cependant, les apports élevés en eau chaude (40 à 60% du poids de la pâte) donnent un appauvrissement en composés aromatiques et phénoliques (40 à 50% de moins que les huiles extraites par pression ou de centrifugation à deux phases) qui passent partiellement dans les margines comme les polyphénols, les tocophénols et le β -carotène étant relativement hydrosolubles (Chimi, 2006). Les étapes d'extraction par ce système sont présentées dans la figure 5.

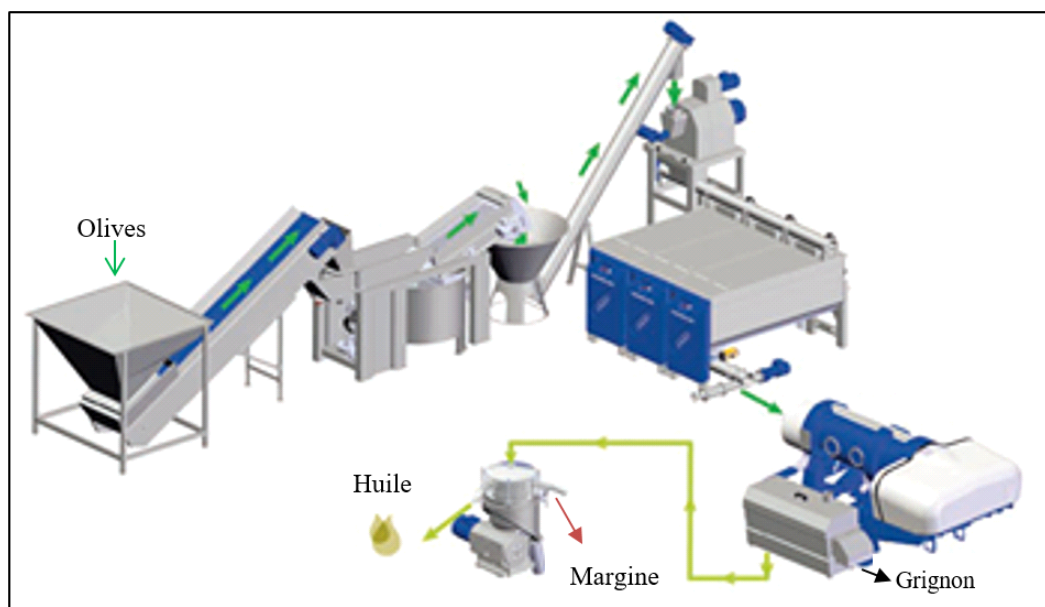


Figure 4. Système d'extraction continu à trois phases (Anonyme 1).

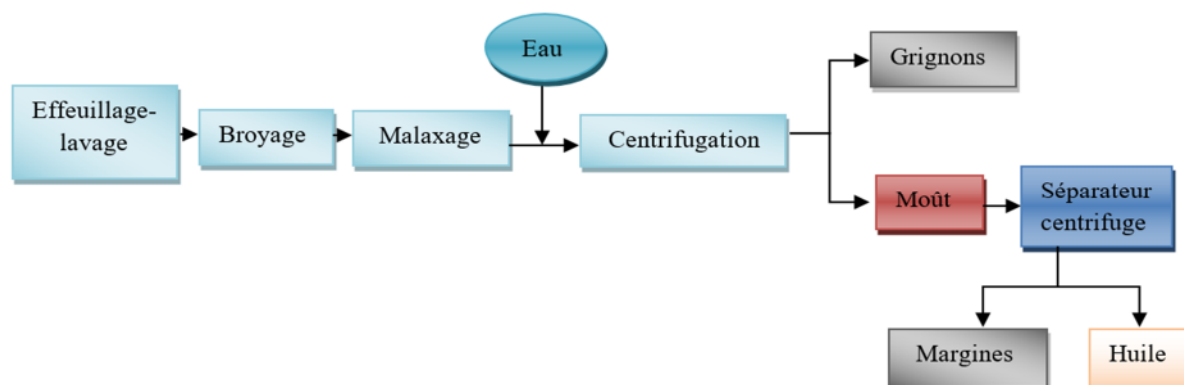


Figure 5. Schéma des étapes d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation continue à trois phases (Chimi, 2006).

I.5.3. Système continu d'extraction avec centrifugation à deux phases

À l'aide d'un décanteur avec centrifugation à deux phases (huile et grignons) (figure 6), il n'est plus nécessaire d'ajouter de l'eau pour la séparation des phases huileuses et solides contenant les grignons et les margines. Ce procédé est caractérisé par sa capacité de traitement qui est élevée (jusqu'à 100 t d'olives / jour). Il permet l'obtention d'un rendement en huile légèrement plus élevé que celui obtenu par le décanteur conventionnel à trois phases et le système de presse. Il en résulte également une huile plus riche en polyphénols totaux. Ce système ne nécessite pas d'eau tiède pour la dilution de la pâte, il est donc plus respectueux de l'environnement et ne procède pas à l'augmentation du volume des margines obtenues (Chimi, 2006). Les étapes d'extraction par centrifugation à deux phases sont présentées dans la figure 7.



Figure 6. Système d'extraction continu à deux phases (Chimi, 2006).

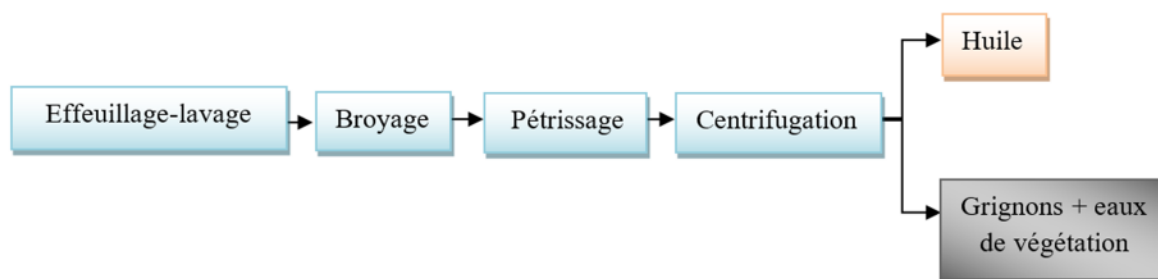


Figure 7. Schéma représentant les étapes d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à deux phases (Chimi, 2006).

I.6. Les sous-produits de l'oléiculture

L'industrie oléicole qui engendre la précieuse huile d'olive, génère également durant son processus d'extraction de grandes quantités de sous-produits oléicoles liquides (les margines ou eaux de végétation) et solides (les grignons) (Roussos, 2009).

Les sous-produits oléicoles solides et liquides sont des sous-produits de couleur sombre et contiennent de grandes quantités de matières organiques. Ils sont composés de nombreuses substances complexes qui ne sont pas facilement dégradables (Azbar *et al.*, 2004).

I.6.1. Le grignon d'olive

Le grignon d'olive est un résidu solide de couleur brune (figure 8) résultant du processus de production d'huile d'olive, il se compose de la coque du noyau réduit en morceaux obtenus par pressage mécanique des fruits d'oliviers sans aucun traitement chimique. Il est essentiellement composé de cellulose, d'hémicellulose et de lignine et contient également une certaine quantité de matière grasse et une importante quantité d'eau variable selon la variété des olives et surtout du procédé d'extraction utilisé (La Rubia-Garcia *et al.*, 2012).



Figure 8. Aperçu du grignon d'olive (Anonyme 2).

I.6.2. Les margines (eaux de végétation)

Les margines sont des sous-produits liquides (figure 9), elles contiennent la pulpe des olives et l'eau utilisée dans les différentes étapes du processus d'extraction de l'huile (Gullon et *al.*, 2020). En moyenne, 10^3 kg d'olives produisent 200 kg d'huile, quel que soit le système d'extraction utilisé, par contre, les quantités de sous-produits générées varient selon le système d'extraction utilisé (tableau 2) (Medouni-Haroune et *al.*, 2018).



Figure 9. Les margines d'olive (Anonyme 3).

Tableau II. Données approximatives d'entrées-sorties pour les trois types de procédés d'extraction d'huile d'olive (Doula et *al.*, 2017 ; Medouni-Haroune et *al.*, 2018).

Procédé d'extraction	Entrée	Sortie
Traditionnel	Olives = 1 ton Eau de rinçage = 0.1–0.12 m ³ Energie = 40–60 kWh	Huile $\approx$ 200 kg Grignon = 200–400 kg (25% eau + 6% huile) Margines $\approx$ 400–600 kg (88% eau + déchets solides et huile)
Trois phases	Olives = 1 ton Eau de rinçage = 0.1–0.12 m ³ Eau de décantation = 0.5–1 Eau de purification $\approx$ 10 L Energie = 90–117 kWh	Huile = 200 kg Grignon = 500–600 kg (50% eau + 4% huile) Marge = 1,000–1,200 kg (94% eau + 1% déchets solides et huile)
Deux phases	Olives = 1 ton Eau de rinçage = 0.1–0.12 m ³ Energie = 90–117 kWh	Huile = 200 kg Grignon = 800–950 kg (60% eau + 3% huile) Marge = 85–110 kg

II. Les margines

II.1. Composition des margines

La marge est un liquide légèrement acide, de couleur rouge à noire, de haute conductivité. Principalement composées d'eau, les autres composants des margines varient à la fois qualitativement et quantitativement en fonction de plusieurs facteurs (la variété d'olive, les conditions climatiques, les pratiques de culture, la durée de stockage des olives et le processus d'extraction de l'huile d'olive) (Dermeche et *al.*, 2013).

Les margines comprennent deux fractions, l'une insoluble, essentiellement constituée de pulpes d'olives, y compris des protéines facilement fermentescibles et des acides organiques (Kapellakis et *al.*, 2008). L'autre fraction est soluble et contient les sucres, les lipides, les sels minéraux et les composés phénoliques (Roussos, 2009). Selon Kapellakis et *al.* (2008), la marge se constitue également de petites quantités d'huile d'olive émulsionnée, de substances cireuses et résineuses, de vitamines et de traces de pesticides.

Tableau III. Caractéristiques physico-chimiques des margines extraites par procédé de centrifugation continu à trois phases (Nefzaoui, 1991 ; Vlyssides et *al.*, 2004).

CE : conductivité électrique / DCO : demande chimique en oxygène /
DBO : demande biologique en oxygène

Paramètre	Unité	Valeur
Taux d'humidité	%	83,2
Matière minérale	%	1,8
Matière organique	%	15
pH	–	4,8
CE	mS / cm	12
DCO	g/L	92,5
DBO	g/L	45,5
Sucres totaux	g/L	16,06
Polyphénols	g/L	10,65
Azote total	g/L	0,76
Acides organiques	g/L	3,21
Lipides	g/L	1,64

II.1.1. Composante minérale

Les composants minéraux essentiels des margines sont les cations salins majeurs (anions de calcium (Ca), de magnésium (Mg), de sodium (Na), de potassium (K)), les chlorures (Cl) et les phosphates (PO_4^{3-}) (Aharonov-Nadborny et *al.*, 2018). Ces précieuses ressources de nutriments minéraux, en particulier le potassium et le phosphore, pourraient être réutilisés comme engrais (Barbera et *al.*, 2013 ; Dermeche et *al.*, 2013 ; Jeguirim et *al.*, 2020).

Tableau IV. Composition minérale des margines (Aharonov-Nadborny et *al.*, 2018).

Paramètres	Valeurs
Chlorure (mg / L)	580 ± 90
P- phosphate (mg / L)	100 ± 25
N-nitrate (mg / L)	20 ± 5
N-ammonium (mg / L)	10 ± 3
K (mg / L)	4 200 ± 650
Na (mg / L)	375 ± 60
Ca (mg / L)	260 ± 40
Mg (mg / L)	187 ± 30
Fe (mg / L)	5 ± 1
Mn (mg / L)	1,5 ± 0,1
Cu (mg / L)	0,2 ± 0,1
Zn (mg / L)	3 ± 1

II.1.2. Composante organique

La marge est constituée d'une forte teneur en matières organiques, les valeurs de la DCO (demande chimique en Oxygene) et de la DBO (demande biologique en Oxygene) sont élevées (tableau 3) ce qui indique une faible biodégradabilité et un pouvoir polluant (Azbar et *al.*, 2004). Les margines contiennent une forte concentration en composés organiques tels que les hydrates de carbone, les protéines, les acides gras, les caroténoïdes, et les phénols (Gullon et *al.*, 2020).

II.1.2.1. Les phénols

Les phénols sont des composés largement répartis dans le règne végétal et abondants dans notre alimentation. Ils comprennent un ou plusieurs groupes hydroxyles (partie polaire) attachés directement à un cycle aromatique (partie non polaire) et se trouvent souvent dans les plantes

sous forme d'esters ou de glycosides, plutôt que sous forme de molécules libres (Galanakis et Kotsiou, 2017).

La margine contient généralement de 0,5 à 24 g de phénols/L, ce qui représente environ 98% des phénols présents dans l'olive puisque seulement 2% d'entre eux passent en phase huileuse lors du processus d'extraction (Galanakis et Kotsiou, 2017), en raison de la grande solubilité de ces composés dans l'eau (Gullon et *al.*, 2020).

La margine contient des acides et des alcools phénoliques, des sécoiridoïdes et des flavonoïdes, plus de 50 et 40 composés pertinents ont été identifiés dans la margine et l'huile d'olive (Galanakis et Kotsiou, 2017).

a. Les acides phénoliques

Comprennent les acides p-coumarique, cinnamique, caféique, vanillique (figure 10), o-coumarique, gallique, sinapique, chlorogénique, protocatéchique, syringique, férulique, Homovanillique, élénolique et 4-hydroxyphenyl acétique (Dermeche et *al.*, 2013 ; Galanakis et Kotsiou, 2017). Les acides phénoliques sont des composés bioactifs, ils possèdent des activités antioxydantes, antimicrobiennes, antivirales, anti-inflammatoires (Obied et *al.*, 2005).

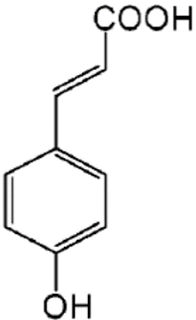
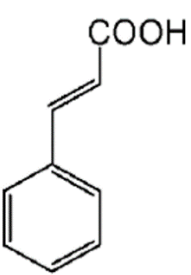
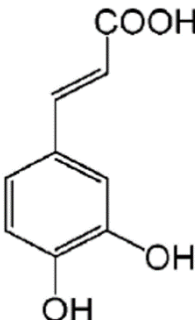
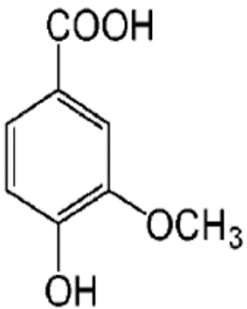
			
Acide p-coumarique	Acide cinnamique	Acide caféique	Acide vanillique

Figure 10. Acides phénoliques (Obied et *al.*, 2005).

b. Les alcools phénoliques

Les plus répandus sont le tyrosol et l'hydroxytyrosol (figure 11). D'après Galanakis et Kotsiou, (2017), un litre de margines brut fournit 4g de margines sèches et 1g d'hydroxytyrosol pur.

Plusieurs études ont mis en évidence l'hydroxytyrosol comme le biophénol le plus abondant dans les margines, il agit comme un piègeur de radicaux libres et un chélateur de métaux, il protège contre les dommages oxydatifs, il inhibe la NADPH oxydase. De plus, l'hydroxytyrosol

est capable de moduler la libération du facteur de nécrose tumorale α (TNF- α) et d'autres médiateurs pro-inflammatoires (Di Mauro et *al.*, 2019).

Les margines contiennent également de l'oleuropéine (figure 11), de la diméthyl-oléuropéine, du verbascoside, catéchol, 4-méthyl catéchol, p-crésol, résorcinol, de grandes quantités de dérivés de sécoiridoides comme l'acyclodihydroélnolate d'hydroxytyrosyle (HT-ACDE), le comselogoside et le dialdéhyde Éther 3,4-dihydroxyphényl-éthanol-élnolique (Galanakis et Kotsiou, 2017).

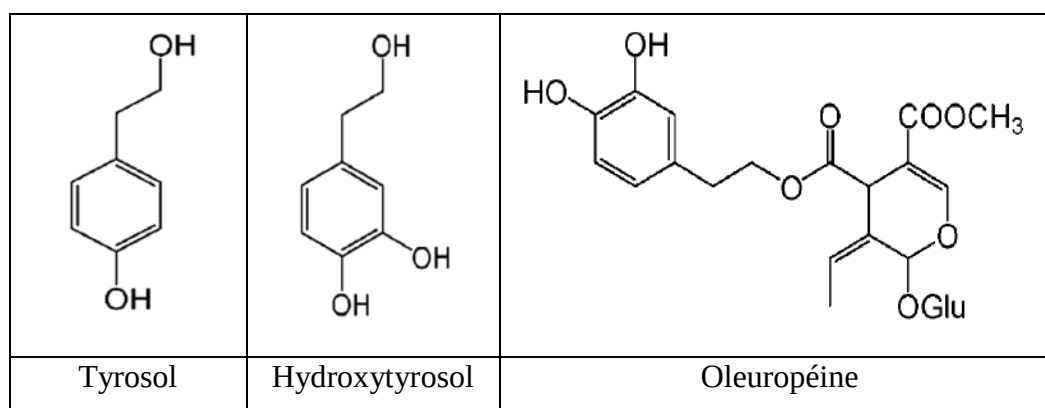


Figure 11. Alcools phénoliques (Obied et *al.*, 2005).

c. Les flavonoïdes

La marge contient de nombreux flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine, la luteoline (figure 12), l'apigénine, l'hespéridine, la cyanidine flavone et l'anthocyanine, (Dermeche et *al.*, 2013 ; Galanakis et Kotsiou, 2017).

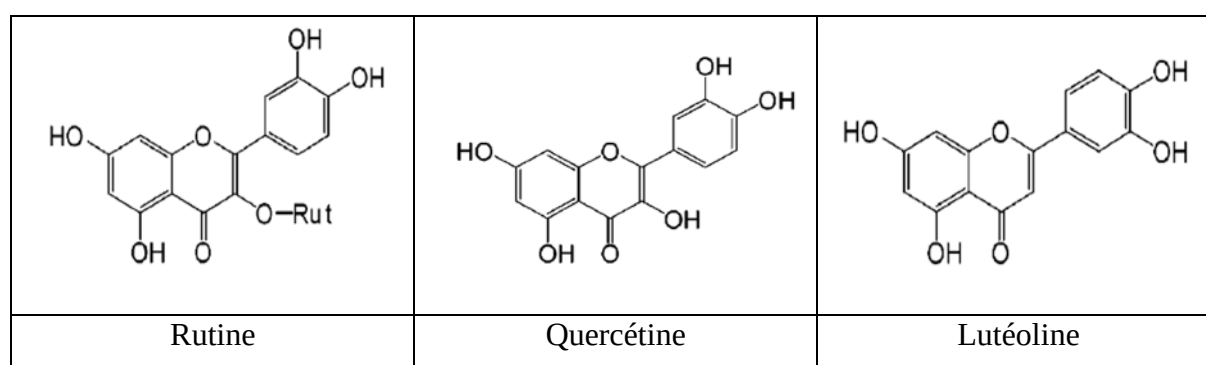


Figure 12. Flavonoïdes (Obied et *al.*, 2005).

II.1.2.2. La composante polysaccharidique

Un polymère intéressant issu de la biomasse de l'olive est la pectine, qui peut être utilisée comme stabilisateur, agent gélifiant et émulsifiant. Elle peut également être physiologiquement

pertinente (prébiotique, anti-inflammatoire, anti-diarrhéique, entre autres effets) (Contreras et *al.*, 2020).

La matière pectique présente dans la margine est composée d'arabinanes et de galactanes (Dermeche et *al.*, 2013).

II.1.2.3. Les glucides

Les sucres représentent entre 4,1 et 4,8 % du poids total des margines pouvant se répartir comme suit : arabinose (62-71%), galactose (17-25%), rhamnose (2-3%), xylose (12%), glucose (1%) (Dermeche et *al.* 2013).

II.1.2.4. Les acides organiques

La proportion des acides organiques présente dans les margines varie entre 0,5 et 1,5%. Les principaux acides organiques rencontrés sont les acides fumarique, glycérique, lactique, malique et malonique (Di Mauro et *al.*, 2019).

II.1.2.5. Les protéines

Avec une concentration variant entre 1,2 et 2,4%, les protéines représentent la fraction azotée des margines, les acides aminés les plus abondants sont l'acide aspartique, l'acide glutamique, la proline et la glycine (Di Mauro et *al.*, 2019).

II.2. La pollution causée par les margines

Chaque année, la production mondiale d'huile d'olive génère en une période (d'octobre à mars) plus de 30 millions de m³ de margines. Les quantités élevées de margines produites, ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques provoquent de graves préoccupations environnementales ainsi que des problèmes de gestion pour l'industrie d'huile d'olive). Sa forte concentration de composés phénoliques, son pH bas, sa DCO élevée (jusqu'à 110 g / L) et sa forte DBO sont responsables de l'effet phytotoxique des margine (Dermeche et *al.*, 2013 ; Belaqqiz et *al.*, 2016 ; Di Mauro et *al.*, 2019).

Selon (Kapellakis et *al.*, 2008), les impacts environnementaux les plus importants de la margine sont les suivants :

➤ Menace pour la vie aquatique

La margine possède une forte charge organique et lorsqu'elle est rejetée dans l'eau douce, la disponibilité en oxygène est réduite, provoquant un déséquilibre de tout l'écosystème. De plus, la forte concentration de nutriments dans la margine favorise le développement d'algues et l'eutrophisation qui en résulte.

➤ Les odeurs

Les phénomènes de fermentation se produisent lorsque la margine est stockée dans des cuves ouvertes et / ou déchargée sur la terre ou dans les eaux naturelles. En conséquence, du méthane et d'autres gaz (sulfure d'hydrogène, etc.) sont émis. Cela conduit à une pollution considérable par les odeurs même à de grandes distances.

➤ Film impénétrable

Les lipides contenus dans la margine forment un film impénétrable à la surface de l'eau, ce qui bloque la lumière du soleil et l'oxygène des micro-organismes récepteurs, ce qui entraîne une réduction de la croissance des plantes et une augmentation de l'érosion.

➤ Décoloration des eaux naturelles

Le changement de couleur des eaux naturelles peut être attribué à l'oxydation et à la polymérisation consécutive des tanins produisant des polyphénols de couleur sombre, difficiles à éliminer de l'effluent.

➤ Toxicité

La margine étant caractérisée par la présence de plusieurs acides volatils phytotoxiques et composés phénoliques, elle est très toxique. Puisque les phénols, associés aux alcools, aldéhydes et acides organiques, entraînent un pH très bas, la margine doit être traitée afin d'éliminer la fraction phénolique.

II.3. Traitement et valorisation des margines**II.3.1. Méthodes de traitement biologique des margines**

Les méthodes biologiques de traitement des margines ont trouvé des applications dans le monde entier, elles sont considérées comme respectueuses de l'environnement, fiables et dans la plupart des cas, rentables (Paraskeva et Diamadopoulos, 2006). Les méthodes les plus couramment utilisées sont les suivantes :

II.3.1.1. Bassins d'évaporation

La méthode de traitement la plus conventionnelle et la plus utilisée est l'évaporation dans des bassins de stockage à ciel ouvert, en raison du faible coût d'opération et des conditions climatiques favorables dans les pays méditerranéens. Cependant, cette méthode nécessite de grandes surfaces et engendre plusieurs problèmes tels que la mauvaise odeur, l'infiltration et la prolifération d'insectes (Nefzaoui, 1991 ; Roig et *al.*, 2006). L'évaporation des margines produit des boues, dont la majorité sont éliminées dans des décharges (Roig et *al.*, 2006).

II.3.1.2. Biodégradation aérobie

Le procédé de traitement aérobie repose sur les bactéries qui se développent dans des conditions où il y a suffisamment d'oxygène pour dégrader une fraction des polluants présents dans l'effluent. Ceci s'effectue soit par oxydation avec de l'oxygène pur fourni par une source externe, soit avec l'oxygène présent dans l'air. La matière organique des margines est hydrolysée, il en résulte des composés organiques de poids moléculaire inférieur. Avec des conditions anaérobies, ces composés sont oxydés par les micro-organismes en CO₂, en eau et en formes oxydées d'azote et de soufre (Rozzi et Malpei, 1996 ; Kapellakis et *al.*, 2008).

Afin de traiter efficacement les margines, la charge organique dans les réacteurs aérobies devrait être bien inférieure à leurs DCO (c'est-à-dire 1 g/L au lieu de 60-120 g/L), Par conséquent, les margines doivent être diluées plusieurs fois pour être introduits dans le réacteur aérobie ce qui rend ainsi le traitement aérobie trop coûteux. Plus important encore, le traitement aérobie ne peut pas éliminer certains composés des margines, tels que les lipides et les polyphénols (Rozzi et Malpei, 1996 ; Kapellakis et *al.*, 2008).

II.3.1.3. Digestion anaérobie

La digestion anaérobie est effectuée par des bactéries qui n'ont pas besoin d'oxygène pour décomposer la matière organique (Rozzi et Malpei, 1996). Selon (Kapellakis et *al.*, 2008) ce traitement est subdivisé en trois étapes :

- Dans un premier temps, les bactéries dégradent les matières organiques complexes en composés plus simples, les polysaccharides et les polyphénols sont donc convertis en leurs monomères (monosaccharides et phénols) ;
- Dans la deuxième étape, les bactéries acétogènes transforment les phénols et les monosaccharides en acides organiques, tels que les acides acétique, lactique et formique, et en alcool ;
- Enfin, dans la troisième étape, les bactéries méthanogènes, caractérisées par leur sensibilité au pH, transforment les acides organiques en biogaz (mélange de 60 à 80% de méthane et d'autres gaz, principalement du dioxyde de carbone).

La digestion anaérobie permet de récupérer une fraction appréciable de l'énergie chimique à partir des margines sous forme de méthane. Elle produit beaucoup moins de boues résiduelles que les procédés aérobies (Rozzi et Malpei, 1996 ; Roig et *al.*, 2006). Cependant, les taux de croissance de ces micro-organismes sont sensiblement inférieurs aux taux des micro-organismes aérobies. Les voies de dégradation métabolique nécessitent plusieurs populations

microbiennes différentes en série, ce qui rend le contrôle des procédés anaérobies plus délicat que celui des procédés aérobie (Rozzi et Malpei, 1996).

II.3.2. Valorisation agricole des margines

II.2.3.1. Epandage et fertilisation des sols avec les margines

Une alternative, économique et respectueuse de l'environnement pour gérer les margines tirerait parti de sa source importante en matière organique, de nutriments (principalement K) et d'eau. À cet égard, les margines pourraient être utilisées comme amendement au sol et engrais naturel, principalement dans les pays méditerranéens où l'eau est rare et les sols souffrent généralement d'une faible teneur en matière organique (Belaqziz et *al.*, 2016 ; Negro et *al.*, 2017).

Cabrera et *al.* (1996) et Gargouri et *al.* (2014), ont rapporté que l'application directe de margines sur le sol a fait augmenter sa teneur en carbone et en nutriments, tout en améliorant sa structure et sa fertilité ainsi que la productivité du sol en contrôlant l'équilibre nutritionnel et biologique dans le système sol-plante.

D'autres études ont souligné les effets bénéfiques sur la croissance des cultures induits par l'épandage de margines fraîches, stockées ou traitées sur un sol cultivé (Barbera et *al.*, 2013 ; Belaqziz et *al.*, 2016).

L'épandage des sols avec les margines induit un certain nombre de modifications dans les propriétés du sol, y compris l'augmentation de la CE (Conductivité électrique), de la matière organique, du phosphate et potassium (P, K) disponibles et des composés phénoliques (Belaqziz et *al.*, 2016). Il peut également entraîner la séquestration de micronutriments essentiels comme le zinc (Zn) et une disponibilité accrue d'autres micronutriments tels que le fer, le manganèse et le cuivre (Fe, Mn et Cu) (Aharonov-Nadborny et *al.*, 2018).

Cependant, bien que l'application de margines brutes s'est avérée rentable pour quelques espèces, son application a souvent été associée à des inconvénients comme la salinité élevée, le pH bas ainsi que des effets phytotoxiques, les margines doivent donc être appliquées à des taux appropriés (Belaqziz et *al.*, 2016 ; Negro et *al.*, 2017). Selon Yaakoubi et *al.* (2009), une série de réglementations a été mise en place concernant l'épandage de ces effluents sur les sols agricoles sous climat méditerranéen, celles-ci autorisent l'utilisation agronomique des margines à concurrence de 50 m³ par hectare et par an pour les effluents issus du système à pression et 80 m³/ha/an pour ceux issus du système continu à trois phases.

II.3.2.2. Compostage des margines

Le compostage est l'une des principales technologies permettant de recycler les margines et de les transformer en engrais, c'est un processus bio-oxydant impliquant la minéralisation et l'humification partielle de la matière organique pour obtenir un produit final stabilisé (Dermeche et *al.*, 2013). Ce traitement donne lieu à des augmentations significatives de matière organique et d'azote organique dans les sols, il permet le retour des nutriments aux terres cultivées. En outre, le compostage permet d'éviter les effets négatifs souvent observés lorsque ces déchets sont directement appliqués sur le sol (Roig et *al.*, 2006 ; Negro et *al.*, 2017). Les margines doivent être absorbées dans un substrat solide avant de procéder au compostage, comme les déchets lignocellulosiques (Roig et *al.*, 2006). Par ailleurs, Tomati et *al.* (1996) ont constaté une amélioration des activités dans le système plante-sol après l'ajout des composts de margines.

Cependant, la tendance actuelle vise à récupérer d'abord des molécules antioxydantes comme l'hydroxytyrosol, avant d'exploiter les margines pour le compostage (Roussos et *al.*, 2009).

III. Le sol

III.1. Définition du sol

Demolon (1952), a défini le sol comme étant « la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants ».

III.2. Les constituants du sol

Selon Tollefson (2005), le sol est composé de petites particules minérales (issues de la décomposition de la roche-mère) et de matière organique (les débris de plantes et d'animaux), ainsi que des quantités variables d'eau et d'air (figure 13). Ces constituants sont groupés en trois phases :

- **Phase solide** : elle englobe la matière minérale, qui joue un rôle important dans la fertilité du sol et la croissance des plantes (Abail et *al.*, 2013), ainsi que la matière organique dont le rôle est de favoriser le réchauffement du sol (grâce à la coloration plus sombre des matières organiques) et contribue à la perméabilité, l'aération du sol et la capacité de rétention en eau (Duprarque et Rigalle, 2011).

- **Phase liquide** : plus souvent appelée solution du sol qui comprend de l'eau contenant des substances dissoutes provenant de l'altération des roches, des phénomènes de pédogenèse ou des apports extérieurs (les engrais solubles) (Tollefson, 2005).
- **Phase gazeuse** : le sol est une matrice poreuse. De ce fait, les vides entre les particules qui ne sont pas saturés en eau renferment de l'air (atmosphère). C'est la phase gazeuse du sol. Ces gaz sont incorporés dans le sol via l'atmosphère et le réseau de pores (Tollefson, 2005).

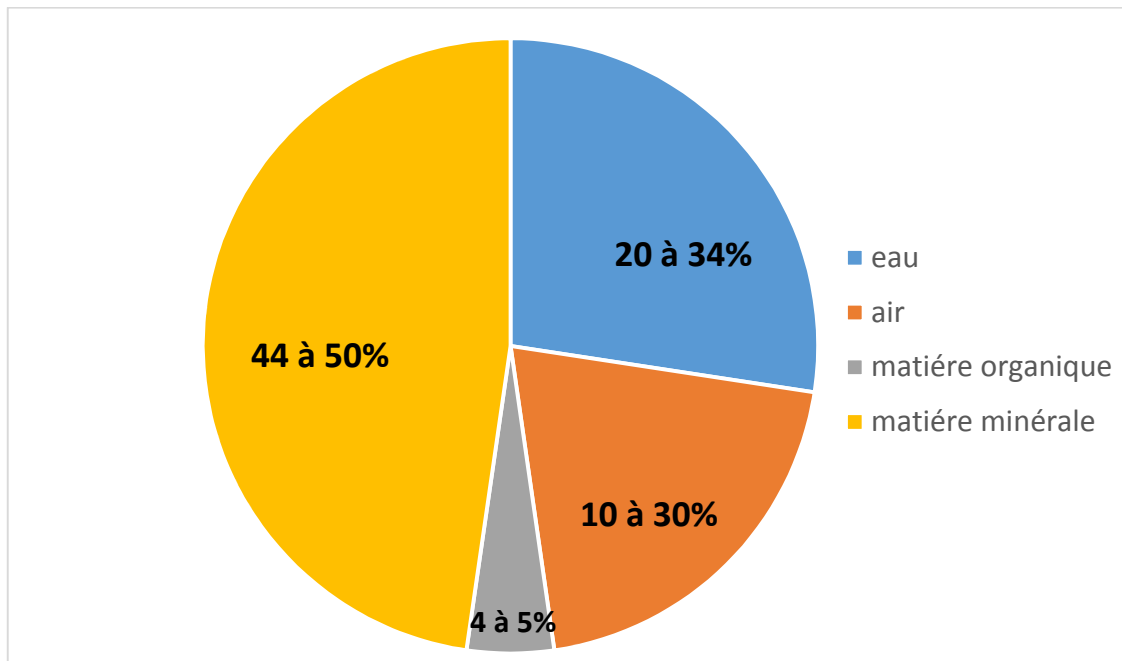


Figure 13. Volume moyen des constituants du sol (UNIFA, 2020).

III.3. Propriétés du sol

III.3.1. Propriétés physiques

III.3.1.1. Texture

D'après Duchaufour (1995), la texture ou granulométrie correspond à la répartition des constituants du sol par catégorie de taille, indépendamment de leur nature et de leur composition. En fonction de leur diamètre (d), les particules sont classées en tant que :

- Cailloux et graviers ($d > 2\text{mm}$),
- Sables ($2000 > d > 50\mu\text{m}$),
- Limons (ou silts) ($50 > d > 2\mu\text{m}$),
- Argiles ou fraction fine ($d < 2\mu\text{m}$).

III.3.1.2. Structure

La structure d'un sol est la façon selon laquelle s'arrangent naturellement et durablement les particules élémentaires en formant ou non des agrégats, elle évolue en fonction de nombreux facteurs, dont la dynamique de la matière organique, la teneur en eau, l'activité de microorganismes, etc. La circulation de l'eau et de l'air dans le sol, dépend en grande partie de la structure (Six et *al.*, 2004).

III.3.1.3. Porosité

La porosité est la proportion du sol qui n'est pas occupée par du solide et qui peut être remplie par de l'air et/ou de l'eau (Baver, 1963).

III.3.2. Propriétés chimiques

III.3.2.1. Potentiel en hydrogène : pH

Le pH correspond à la concentration en ions hydrogène H^+ d'un milieu chimique qui varie de 0 à 14. Le pH d'un sol est la mesure de la quantité d'ions H^+ libres dans l'eau (pH eau) ou dans la phase échangeable du sol (Ph_{KCl}) (Tollefson, 2005).

Le pH du sol contrôle en partie la disponibilité des nutriments pour les plantes (figure 14). En effet, le prélèvement d'un nutriment ne peut se faire seulement s'il existe dans le sol sous une forme chimique assimilable par les racines. Le pH du sol gouverne souvent la forme chimique des nutriments dans la solution. La solubilité du calcium et du magnésium diminue dramatiquement à des pH inférieurs à 6,5, mais la solubilité de l'aluminium et du fer augmente (Tollefson, 2005).

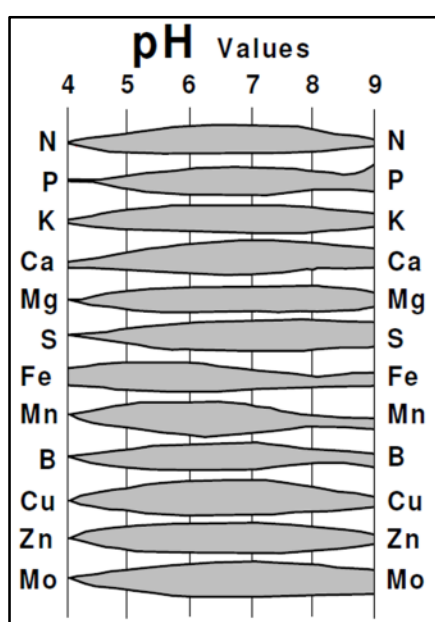


Figure 14. Disponibilité des nutriments dans le sol selon le pH (Tollefson, 2005).

III.3.2.2. Complexe argilo-humique

Le complexe argilo-humique résulte de l'association des argiles à l'humus grâce à l'action stabilisatrice du calcium. L'humus est la couche supérieure du sol créée, entretenue et modifiée par la décomposition de la matière organique (Bastida et *al.*, 2012).

Les argiles ayant une puissante charge négative due à leur structure en feuillet, font qu'une certaine quantité de cations libres de la solution du sol peuvent s'y fixer (Ca^{2+} , K^{+} , H^{+} , Na^{2+} etc.). Le complexe argilo-humique constitue donc un véritable réservoir d'éléments nutritifs (Bastida et *al.*, 2012).

III.3.3. Les activités enzymatiques du sol

La présence et l'activité d'êtres vivants dans le sol se traduit par la synthèse d'enzymes de toutes sortes, localisées à l'intérieur des cellules (intracellulaires) ou extracellulaires, adsorbées sur les parois des microorganismes ou sur les minéraux argileux, ou encore formant des copolymères avec des substances humiques (Burns, 1982). Les principales enzymes du sol selon Alvarez et *al.* (2002) sont les suivantes :

- **Oxydo-réductases**

Il s'agit d'enzymes de type "respiratoire", dont la plus courante est la déshydrogénase. Cette famille d'enzymes comprend également les laccases, les polyphénol-oxydases qui interviennent dans les processus d'humification à travers la dégradation de la lignine et les catalases.

- **Hydrolases**

La plupart des enzymes du sol appartiennent à ce groupe. Parmi elles, les cellulases sont en lien avec la dégradation des résidus de récolte, essentiellement de nature ligno-cellulosique. Les activités phosphatase séparent l'ion ortho-phosphate d'une molécule organique. Les aryl-sulfatases séparent l'ion sulfate d'une molécule organique.

IV. L'orge

IV.1. Importance de l'orge

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) figure parmi les sept céréales les plus cultivées au monde. Elle occupe la quatrième position de par sa production après le maïs, le blé tendre et le riz. Historiquement, l'orge a été utilisée comme source d'alimentation humaine, avec des études archéologiques révélant sa culture en Iran à partir de 8000 avant JC (Sullivan et *al.*, 2013).

Cette céréale joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine, mais également comme aliment de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est

grand et le prix du fourrage est élevé. L'orge offre l'avantage de pouvoir être menée en double exploitation : première récolte en vert (pâturage ou fauche) suivie d'une récolte en grain (Khaldoun,1989).

L'importance agronomique de l'orge est due à sa grande faculté d'adaptation climatique et édaphique. C'est une espèce rustique qui peut être cultivée dans des zones semi-arides où elle peut remplacer avantageusement le blé et donner de meilleurs rendements (Hanifi, 1999). L'augmentation des rendements de l'orge peut se faire par des techniques culturales appropriées comme le travail du sol, les traitements phytosanitaires et la fertilisation (Hanifi, 1999).

IV.2. Taxonomie

L'orge est une plante herbacée annuelle, elle fait partie des monocotylédones, appartenant à la famille des graminées. C'est une espèce diploïde avec $2n = 14$ chromosomes (ITIS, 2020). Sa classification est la suivante :

Tableau V. Classification de l'orge commune (*Hordeum vulgare*) (ITIS, 2020).

Règne	Plantea
Super-division	Spermaphyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Genre	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Hordeum vulgare</i>

IV.3. Description

La plante d'orge cultivée est constituée de racines, de tiges (chaume) cylindriques avec 5 à 7 nœuds, et de feuilles alternées. L'épi au sommet de la tige est constitué de fleurs disposées en épillets simples (portant chacun deux glumes et la fleur). Trois épillets sont attachés à chaque nœud sur un rachis en zigzag plat (figure 15 (A)). Ils sont tous fertiles dans les cultivars à six rangs (figure 15 (C)). Dans les cultivars à deux rangs (figure 15 (B)), les deux épillets latéraux sont stériles. Comme dans les autres céréales, le grain est un caryopse (Gallais et Bannerot, 1992).

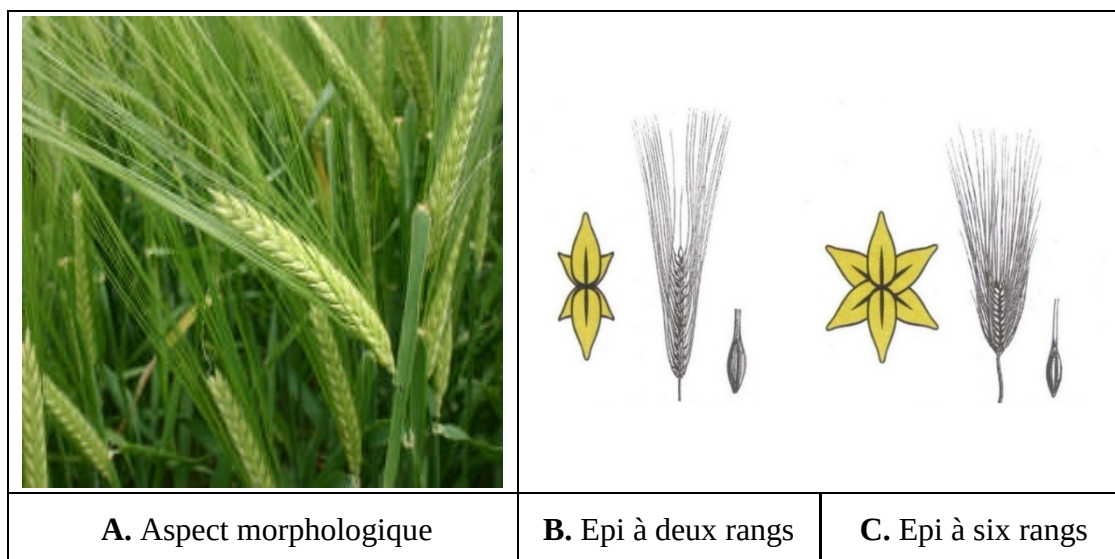


Figure 15. Aspect morphologique de l'orge *Hordeum vulgare* L. (A). Aspect d'un épi d'orge à deux rangs (B). Aspect d'un épi d'orge à six rangs (C) (Anonyme 4).

IV.4. Cycle de développement

Selon Giban et *al.* (2003), le cycle de développement de l'orge (figure 16) débute avec une période végétative qui comprenant :

- **La germination** : elle correspond à l'entrée de la semence en vie active et au début de la croissance de l'embryon. Selon N'diri et *al.* (2011), la germination des graines est influencée par des facteurs intrinsèques (la dormance, la perméabilité à l'eau et à l'oxygène, la qualité des graines, etc.) et les facteurs environnementaux (eau, oxygène, température, lumière), ces derniers participent à l'activation des hormones et enzymes essentielles à la germination.
- **La levée** : cette période est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement.
- **Le tallage** : il est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale puis la naissance successive d'autres talles, formant un plateau de tallage situé au niveau du sol.

La période végétative est suivie par une période reproductive qui comprend :

- **La montaison** : elle est repérable quand l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois que l'épi prend sa forme définitive.
- **L'épiaison** : allant de l'apparition des premiers épis, jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille.
- **La floraison** : elle est marquée par la sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi.

- **La maturité complète** : dans cette étape, la teneur en humidité atteint environ 20% ; le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

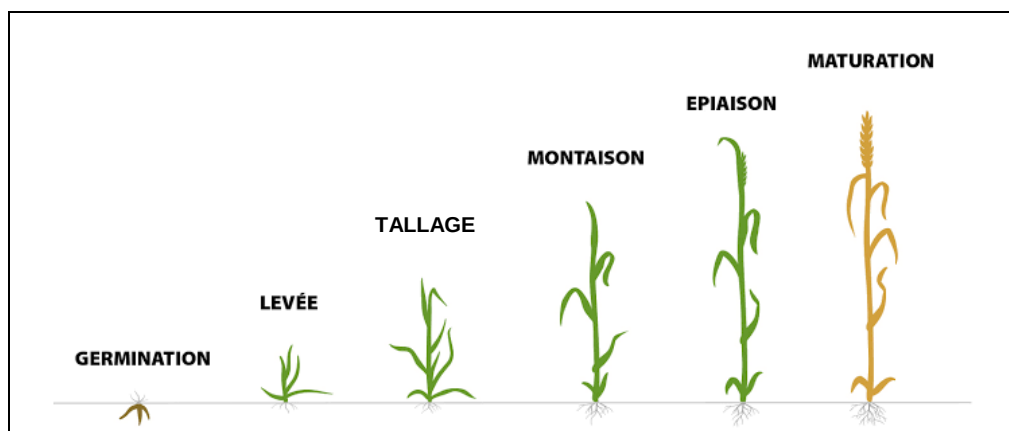


Figure 16. Représentation du cycle de développement de l'orge *Hordeum vulgare* L. (Anonyme 5).

Soltner (2005) distingue trois classes d'orges selon leur milieu de culture qui sont :

- Les orges d'hiver dont le cycle de développement varie de 240 à 265 jours, ils s'implantent en automne. Ces orges ont besoin, pour assurer leur montaison, de température vernalisante. Elles manifestent un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.
- Les orges de printemps dont le cycle de développement est très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont aucun besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.
- Les orges alternatives qui sont intermédiaires au plan tolérance au froid, entre les orges d'hiver et celles de printemps.

IV.5. La variété Fouara

Fouara est une variété de lignée pure d'orge d'hiver à 6 rangs, elle est multipliée et distribuée par la Ferme de Démonstration et de Multiplication des Semences de l'Institut Technique des Grandes Culture (FDMS, ITGC) de Sétif. Son origine est l'ICARDA (Centre international de recherche agricole dans les zones arides) (Syrie). Cette variété a été inscrite en 2001, sa zone d'adaptation se situe dans les hauts plateaux, elle possède un cycle végétatif tardif, un tallage fort, un épi compact avec une couleur blanche, une hauteur de la plante courte à moyenne, un rendement en grains de 30 q/ha et un PMG (poids de mille grains) élevé (Bensemane, 2015).

Deuxième partie

Matériel et méthodes

1. Matériel biologique

1.1. Les margines

Lors de cette expérimentation, deux échantillons de margines différant par leur année de récolte ont été utilisés, ils ont été obtenus par procédé de centrifugation continu à trois phases. Ces derniers, ont été récupérés dans la même huilerie moderne située dans la région de Tizi Rached au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou, pendant l'extraction d'huile d'olive noires (dernier stade de maturité) d'oliveraies de la variété Chamlal. Ces oliveraies sont également situées à Tizi Rached selon les coordonnées Lambert suivantes : $36^{\circ}41'18''$ à $36^{\circ}41'23''$ N et $4^{\circ}12'41''$ à $4^{\circ}12'46''$ E, sur une altitude de 210 m (Google Earth, 2020) (figure 17).

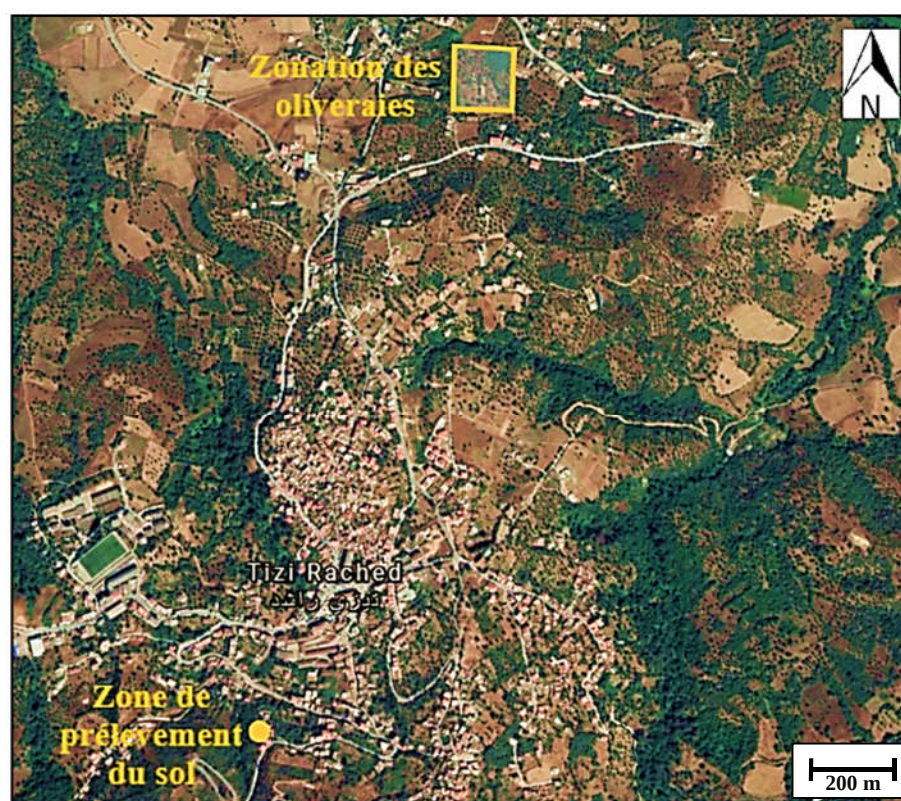


Figure 17. Situation géographique du lieu d'échantillonnage du sol et la zonation des oliveraies desquelles sont issues les margines (Google Earth, 2020).

Les deux échantillons sont notés marge 1 (M1) et marge 2 (M2) (figure 18). M1 a été collectée au mois de janvier 2020 et provient de la récolte de 2019/2020, M2 a été collectée au mois de février 2019 et provient de la récolte de 2018/2019. Ces échantillons ont donc été soumis à des conditions climatiques différentes selon l'année de récolte (température, pluviométrie, conditions édaphiques, lumière...). Après la collecte, les margines ont été mises dans des bouteilles en plastique et conservées au congélateur à une température de -16°C , pour être décongelées à la veille de leurs utilisations.

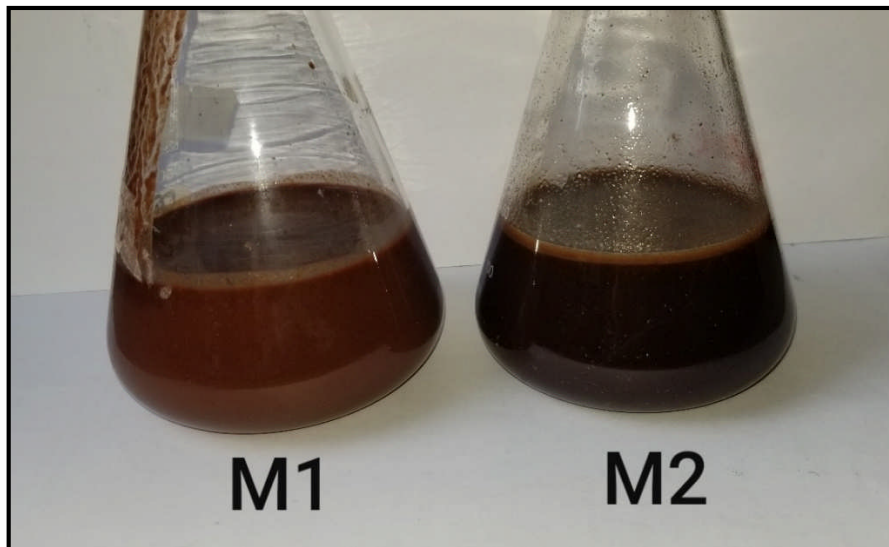


Figure 18. Aspect des deux échantillons de margines

1.2. L'orge

Le matériel végétal utilisé lors de cette expérimentation est l'orge (*Hordeum vulgare* L. var. *fouara*), qui est une espèce rustique cultivée dans les hauts plateaux Algériens particulièrement, sur des sols arides. Les semences de cette variété (figure 19) nous proviennent de l'ITGC de Sétif.



Figure 19. Semences d'orge (*Hordeum vulgare* L. var. *fouara*).

1.3. Le substrat

Le substrat utilisé est un sol prélevé en Novembre 2020, dans la région de Tizi Rached (figure 20) sur une zone d'échantillonnage prise arbitrairement dont les coordonnées sont de 36°44'32''N et 4°12'23''E, à 375 m d'altitude (Google Earth, 2020) (figure 17). C'est un sol travaillé selon des techniques agroécologiques. Des rotations régulières se font afin de respecter

les principes de la conservation des sols. Les espèces cultivées sont le chardon d'Espagne, la fève, la courgette, la tomate. Ces dernières sont entourées par des arbres fruitiers ; oranger, citronnier, nectarinier, figuier. Cependant, il est important de signaler la présence des adventices telles que la bourrache, le trèfle, le pourpier.

La lithologie de la région est dominée par des formations géologiques imperméables. On relève une large répartition du socle cristallophyllien, la parcelle est située sur des micaschistes sur une pente de 30%. La texture est sablo-limono-argileuse, à pH neutre avec une teneur faible en matière organique (Boudiaf Nait Kaci, 2014).



Figure 20. Lieu d'échantillonnage du sol.

2. Matériel du laboratoire

Le matériel utilisé est le suivant :

Balance de précision, pH-mètre, étuve, four à cendres, creusets en porcelaine, boîtes de pétri, pipette graduée, Erlenmeyer, éprouvette, pots, pissette, eau distillée.

3. Présentation du dispositif expérimental

3.1. Paramètres physico-chimiques des margines

3.1.1. Détermination du pH

Le pH est déterminé par un pH-mètre à affichage électronique à partir de deux échantillons de 100 ml de chaque margine.

3.1.2. Détermination du taux d'humidité et de la matière sèche

Deux échantillons de 10mL de chaque margine avec trois répétitions ont été séchés à 100°C pendant 5h. Le taux d'humidité est déterminé en calculant la différence entre le poids de l'échantillon humide et celui de l'échantillon séché. La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse.

$$\text{Humidité (\%)} = [(P_f - P_s) \times 100] / P_f$$

$$M.S(\%) = 100 - \text{Humidité (\%)}$$

- P_f : Poids frais = poids total avant séchage - poids du creuset.
- P_s : Poids sec = poids total après séchage - poids du creuset.

3.1.3. Matière organique et minérale

Les cendres (matières minérales) sont déterminées par incinération des échantillons de matière sèche obtenus dans un four à moufle à 550°C pendant 5 heures. La matière organique correspond à la différence entre la prise d'essai de la matière sèche et les cendres qui en résultent.

$$\text{Cendres (\%)} = M.M (\%) = (P_c \times 100) / P_f$$

$$M.O (\%) = M.S (\%) - M.M (\%)$$

- P_c : Poids des cendres.

3.2. Test de germination sur boîtes de Pétri

Le test de germination, selon le protocole de Rusan *et al.* (2015), a été effectué sur des boîtes de Pétri d'un diamètre de 10 cm, dans lesquelles a été disposé du papier absorbant puis 8 semences d'orge dans chaque boîte.

Les boîtes ont ensuite été imbibées d'un volume total de 20 mL de liquide, de sorte que le test comporte 4 concentrations différentes (C1, C2, C3, C4) pour chaque margine (M1 et M2) qui sont respectivement de 25%, 50%, 75% et 100%, ainsi qu'un témoin où les caryopses sont imbibés d'eau distillée.

Les différentes concentrations ainsi que les dilutions réalisées pour le test de germination sur boîtes de Pétri figurent dans le tableau 6.

Tableau VI. Concentrations effectuées pour le test de germination sur boîtes de Pétri.

Concentration	Margine (%)	Dilution
C1	25%	5 mL de margine + 15 mL d'eau distillée
C2	50%	10 mL de margine + 10 mL d'eau distillée
C3	75%	15 mL de margine + 5 mL d'eau distillée
C4	100%	100 mL de margine

Chaque test a été répété à 3 températures différentes ; (28°C, 37°C, température ambiante du laboratoire $\approx 15^\circ$) (figure 21).

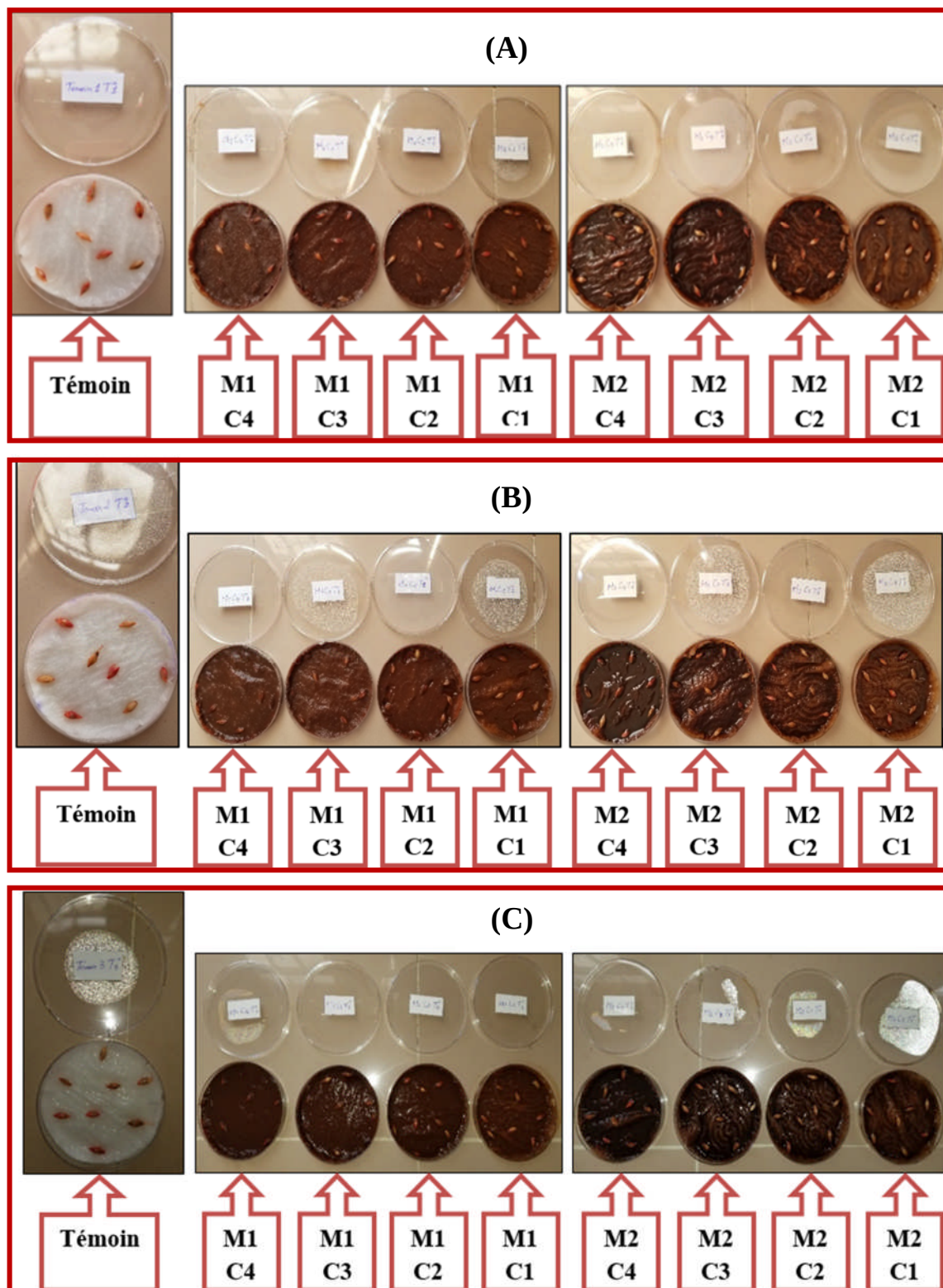


Figure 21. Test de germination sur boîtes de Pétri. (A) : température de 28°C ; (B) : température de 37°C ; (C) : température ambiante $\approx 15^\circ\text{C}$.

La lecture des résultats se fait par dénombrement des semences germées après 3 jours, 7 jours puis 9 jours. Une semence est considérée germée dès que la radicule perce le tégument.

3.3. Test de croissance sur pots

Afin de se rapprocher le plus possible de l'effet d'apport de margines sur la croissance de l'orge (*Hordeum vulgare* L. var. *fouara*) à des conditions au champ, un essai sur pots en plastique a été réalisé.

Chaque pot a d'abord été rempli de 35g de perlite ; un matériau parfait pour améliorer le drainage afin d'éviter l'asphyxie des plantes. Ensuite 100g de sol tamisé et aéré ont été disposés à l'intérieur de chaque pot. Puis le semis de l'orge a été réalisé à raison de 5 caryopses par pot. Après le semis, tous les pots ont été arrosés de 20 mL d'eau distillée afin d'obtenir une germination.

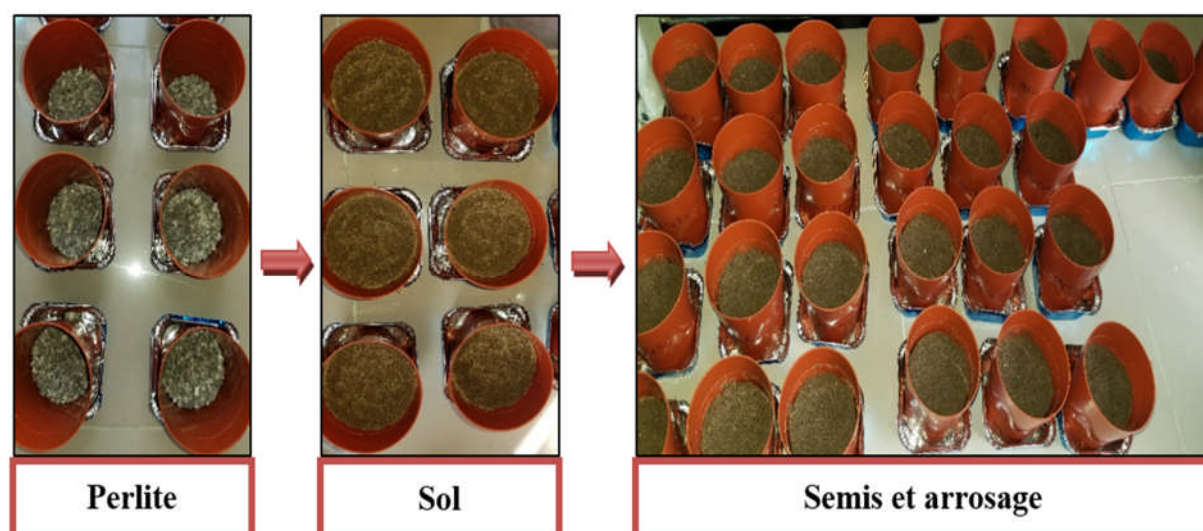


Figure 22. Préparation du test de croissance de l'orge.

L'apport de margines a été réalisé dans un volume total de 20 mL, et effectué une semaine après le semis (après l'obtention d'une germination). Pour chaque margine ont été effectuées 4 concentrations : 20%, 40%, 80%, 100%, chaque concentration a été répétée trois fois. En parallèle, un témoin arrosé à l'eau distillée possède également 3 répétitions. Les différentes concentrations ainsi que les dilutions réalisées pour le test de croissance sur pots figurent dans le tableau 7.

Tableau VII. Concentrations effectuées pour le test de croissance sur pots.

Concentration	Margine (%)	Dilution
C1	20%	4 mL de margine + 16 mL d'eau distillée
C2	40%	8 mL de margine + 12 mL d'eau distillée
C3	80%	16 mL de margine + 4 mL d'eau distillée
C4	100%	20 mL de margine

L'arrosage suivant ces concentrations s'effectue après chaque semaine. Le test de croissance s'étale sur une période de 22 jours (8 jours de germination + 14 jours de levée) correspondant à la date du 26/11/2020 au 17/12/2020. Soit deux arrosages ont été effectués. Les résultats sont pris chaque jour en mesurant la longueur totale de la partie aérienne de la plantule (longueur de la tige + longueur de chaque feuille) en millimètres.

3.4. Analyse statistique des données

Le test statistique utilisé est l'ANOVA à un facteur, à l'aide du logiciel STATISTICA (version 7.1).

Troisième partie

Résultats et discussion

1. Caractérisation des margines

Les margines se présentent sous forme de liquide résiduel avec un aspect trouble et une forte odeur qui rappelle celle de l'huile d'olive. La couleur, la texture et la composition des margines sont variables. En effet, les échantillons utilisés présentent une coloration brune à brune-rougeâtre, qui est beaucoup plus foncée dans l'échantillon M2. La texture des margines diffère également d'un échantillon à l'autre, l'échantillon M1 est d'aspect plus épais et dense que M2 qui est plus fluide. Les résultats de la caractérisation des échantillons de margines M1 et M2 sont représentés dans le tableau 8.

Tableau VIII. Caractérisation des échantillons de margines.

Paramètre	Margine 1	Margine 2
pH	5,58	5,26
Humidité (%)	85,43 $\pm$ 0,09	95,64 $\pm$ 0,2
Matière sèche (%)	14,57 $\pm$ 0,09	4,36 $\pm$ 0,2
Matière minérale (%)	1,54 $\pm$ 0,05	0,46 $\pm$ 0,08
Matière organique (%)	13,03 $\pm$ 0,05	3,9 $\pm$ 0,27

➤ Le pH

Les mesures du pH effectuées donnent des valeurs de l'ordre de 5,58 et 5,26 pour les margines M1 et M2, respectivement. Ces valeurs se rapprochent de celles rapportées par Mekki et *al.* (2007), lesquels ont enregistré un pH de 5,1.

Sur d'autres échantillons de margines obtenues par le même procédé d'extraction (centrifugation à trois phases), des valeurs de pH plus acides de l'ordre de (4,8), (4,46) et (4,14) ont été soulignées respectivement par Vlyssides et *al.* (2004) ; Bargougui et *al.* (2019) et Bombino et *al.* (2021). Ces résultats confirment l'acidité de ces effluents qui proviendrait de la présence d'acides organiques (acides phénoliques, acides gras).

➤ Le taux d'humidité et de matière sèche

Le taux d'humidité est déterminé à 85,43 % pour l'échantillon M1, il est plus élevé pour l'échantillon M2 qui présente une valeur de 95,64 %. Ces résultats se situent dans la fourchette de valeurs enregistrées par certains auteurs ayant travaillé sur des échantillons de margines obtenues par le même procédé d'extraction. En effet, ces dernières étaient de l'ordre (83,2%), (86,29%) et (94,8%) et ce, respectivement pour les échantillons étudiés par Nefzaoui (1991) ; Gargouri et *al.* (2014) et Mekki et *al.* (2007).

Le taux de matière sèche est corrélé négativement au taux d'humidité, c'est donc l'échantillon M1 qui présente une plus grande valeur (14,57 %) par rapport à M2 faible en matière sèche (4,36 %).

➤ **Le taux de matière organique et minérale**

Les mesures des cendres obtenues après incinération des margines (figure 23) donnent un taux de matière minérale de l'ordre de 0,46 % pour l'échantillon M2, cette valeur est 3 fois plus élevée dans l'échantillon M1 (1,54 %). Sur d'autres échantillons de margines obtenues par le même procédé d'extraction, des taux de matière minérale de l'ordre de 1,8% et de 1,83% ont été rapportés respectivement par Nefzaoui (1991) et Bargougui et *al.* (2019).

Les taux de matière organique obtenus dans la présente étude sont d'une valeur de 3,9% dans l'échantillon M2. L'échantillon M1 présente un plus haut taux et ce, avec une valeur de 13,03%. Selon d'autres analyses d'échantillons de margines extraites avec le même procédé, des taux de matière organique de l'ordre de 15 % et de 2,6% ont été enregistrées, et ce, respectivement par Nefzaoui (1991) et Bargougui et *al.* (2019).



Figure 23. Aspect des cendres obtenues après incinération des échantillons de margines utilisées dans la présente étude.

Comme rapporté par Obied et *al.* (2005) ; Paraskeva et Diamadopoulos (2006) ; Dermeche et *al.* (2013) ; Galanakis et Kotsiou (2017), la variabilité du pH ainsi que des valeurs des composants entre les échantillons de margines serait dû à un ensemble de facteurs environnementaux, génétiques et de pratique de culture des oliviers, à savoir ; la méthode d'extraction, le type et la maturité des olives, la région d'origine, les conditions climatiques et les méthodes de culture associées.

Dans cette étude, malgré la présence de facteurs communs entre les échantillons, notamment le même emplacement géographique des oliveraies, les fruits issus du même cultivar *Chamlal* cueillis au même stade de maturité (olives noires) et l'extraction avec le même procédé (centrifugation continu à trois phases), il existe par ailleurs des facteurs qui diffèrent

d'un échantillon à l'autre. Il s'agit principalement de l'année de récolte qui implique l'oliveraie dans des conditions climatiques, des pratiques de culture et de stockage des olives différentes.

Un autre facteur important qui pourrait influencer la composition des margines selon Obied et *al.* (2005), est la grande variabilité des profils biochimiques des individus dans le même cultivar et leurs interactions avec l'environnement. Cette dernière se traduit par la synthèse de métabolites secondaires qui se trouvent présents dans le fruit, et par conséquent dans les margines.

2. Test de germination

2.1. Test de germination sur boîtes de Pétri

L'essai de germination des caryopses d'orge *Hordeum vulgare* var. *fouara* sur boîtes de Pétri à différentes températures et traitements a donné les résultats présentés dans le tableau 9.

Le dénombrement des caryopses germés à 28°C dans la boîte de Pétri témoin traitée à l'eau distillée a montré un faible taux de germination (25%), 2/8 caryopses ont germé après sept jours de mise en essai (tableau 9 et figure 24). La température de 28° ne semble pas être une température idéale à la germination de l'orge *Hordeum vulgare* var. *fouara*. La température de 37°C n'a révélé aucune germination (0%G) pour tous les traitements effectués (tableau 9 et figure 25), celle-ci serait non favorable à la germination de l'orge Fouara. Contrairement aux autres températures, le nombre de caryopses germés à la température ambiante du laboratoire dans la boîte de Pétri témoin a montré le plus haut taux de germination (75%) (tableau 9 et figure 26). Cela confirme que Fouara est une variété d'orge d'hiver semée en automne et qui est adaptée au climat des hauts plateaux Algériens (Sétif) durant cette saison (Bensemmane, 2015).

Dans l'étude de Silem et Tioub (2017) qui vise à déterminer le comportement de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.), vis-à-vis du stress salin, une germination moyenne de 92% a été obtenue pour le témoin de la variété Fouara traité à l'eau à une température de 22°C. La température de 15°C n'est donc pas la température optimale pour la germination de Fouara, comme c'est le cas dans la présente étude. A cet effet, les résultats obtenus pourraient être améliorés avec une température optimale.

Tableau IX. Germination de l'orge aux températures testées selon différents traitements.

G : germination ; (-) : aucune germination ; M1C1 : M1 à [20%] ; M1C2 : M1 à [40%] ;
M1C3 : M1 à [80%] ; M1C4 : M1 à [100%] ; M2C1 : M2 à [20%] ; M2C2 : M2 à [40%] ;
M2C3 : M2 à [80%] ; M2C4 : M2 à [100%].

T°	Traitement	Nombre de semences germées / jour				% G
		Jour 1	Jour 3	Jour 7	Jour 9	
28°C	Témoin	–	–	2	2	25 %
	M1C1	–	–	1	1	12,5 %
	M1C2	–	–	–	–	0%
	M1C3	–	–	–	–	
	M1C4	–	–	–	–	
	M2C1	–	–	–	–	
	M2C2	–	–	–	–	
	M2C3	–	–	–	–	
	M2C4	–	–	–	–	
37°C	Témoin	–	–	–	–	0 %
	M1C1	–	–	–	–	
	M1C2	–	–	–	–	
	M1C3	–	–	–	–	
	M1C4	–	–	–	–	
	M2C1	–	–	–	–	
	M2C2	–	–	–	–	
	M2C3	–	–	–	–	
	M2C4	–	–	–	–	
≈15°C	Témoin	–	–	6	6	75%
	M1C1	–	–	1	1	12,5%
	M1C2	–	–	–	–	0%
	M1C3	–	–	–	–	
	M1C4	–	–	–	–	
	M2C1	–	–	–	–	
	M2C2	–	–	–	–	
	M2C3	–	–	–	–	
	M2C4	–	–	–	–	

Pour les boîtes de Pétri traitées aux margines M1 et M2 selon quatre concentrations (C1 :25% ; C2 :50% ; C3 :75% ; C4 :100%), les résultats révèlent un effet inhibiteur par rapport au témoin, et ce, à toutes les températures testées (tableau 9, figure 24, 25 et 26). Aucune germination n'a été observée avec la marge M2, cependant la marge M1 concentrée à 25% a donné 12,5 % de germination à la température ambiante et à 28°C (tableau 9 et figure 24).

L'effet inhibiteur de la germination des margines pourrait être attribué aux effets osmotiques et de toxicité ionique des sels contenus dans celles-ci (Kırmızı et Bell, 2012). En effet, pour déclencher la germination, les caryopses absorbent une quantité suffisante d'eau pour arriver à un seuil critique d'hydratation. Ce processus est réalisable grâce au phénomène d'osmose par lequel l'eau migre du milieu le moins concentré en solutés vers le milieu le plus concentré. La présence des sels des margines empêcherait ce phénomène de se réaliser en raison de leurs importantes concentrations. De plus, une accumulation toxique de sels provoque une certaine détérioration au niveau des membranes cellulaires et une fuite de solutés.

La présence des composés phénoliques des margines pourraient également participer à l'inhibition de la germination de l'orge. Rawat et *al.* (1998) ont rapporté que certains composés phénoliques (quercétine, l'acide p-coumarique) exercent une inhibition vis-à-vis de la germination du blé tendre (*Triticum aestivum*), lequel fait partie de la même famille des graminées que l'orge. Cependant le taux de 12.5 % de germination, obtenu avec le traitement M1C1, pourrait être attribué à l'élimination de la phytotoxicité des sels minéraux ainsi que des composés phénoliques par l'effet de la dilution (Rusan et *al.*, 2015).

Les effets inhibiteurs sur la germination des semences d'orge par les margines obtenus dans cette étude sont en accord avec la conclusion de Rusan et *al.* (2015) dans leur étude sur la même espèce. En effet, l'application de margines sur les semences au stade de germination est fortement déconseillée à cause de leur effet toxique inhibiteur.

Un développement de moisissures est constaté dans toutes les boîtes de Pétri traitées aux margines (figure 24, 25, 26) et ce, malgré la teneur élevée en phénols qui pourrait en principe induire une forte activité antimicrobienne (Mekki et *al.*, 2007 ; Barbera et *al.*, 2013). Certains microorganismes présentent une résistance aux effets toxiques des margines, ces dernières contiennent de nombreuses bactéries (jusqu'à 10^5 cellules / ml) aérobies et anaérobies, des levures et des moisissures (Regni et *al.*, 2017). La présence de moisissures autour des semences, traitées aux différentes concentrations de margines, pourrait représenter un mécanisme d'inhibition de la germination, de sorte que la compétition pour l'oxygène entre les caryopses et les micro-organismes empêchent celle-ci.

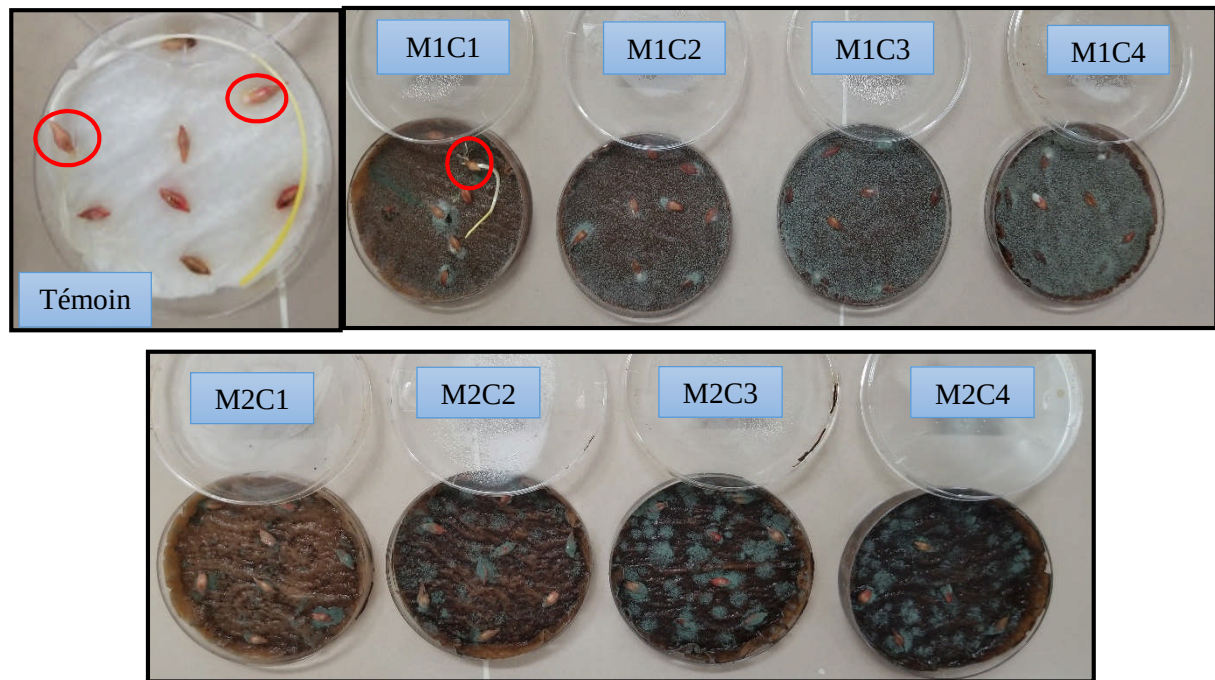


Figure 24. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à 28°C.

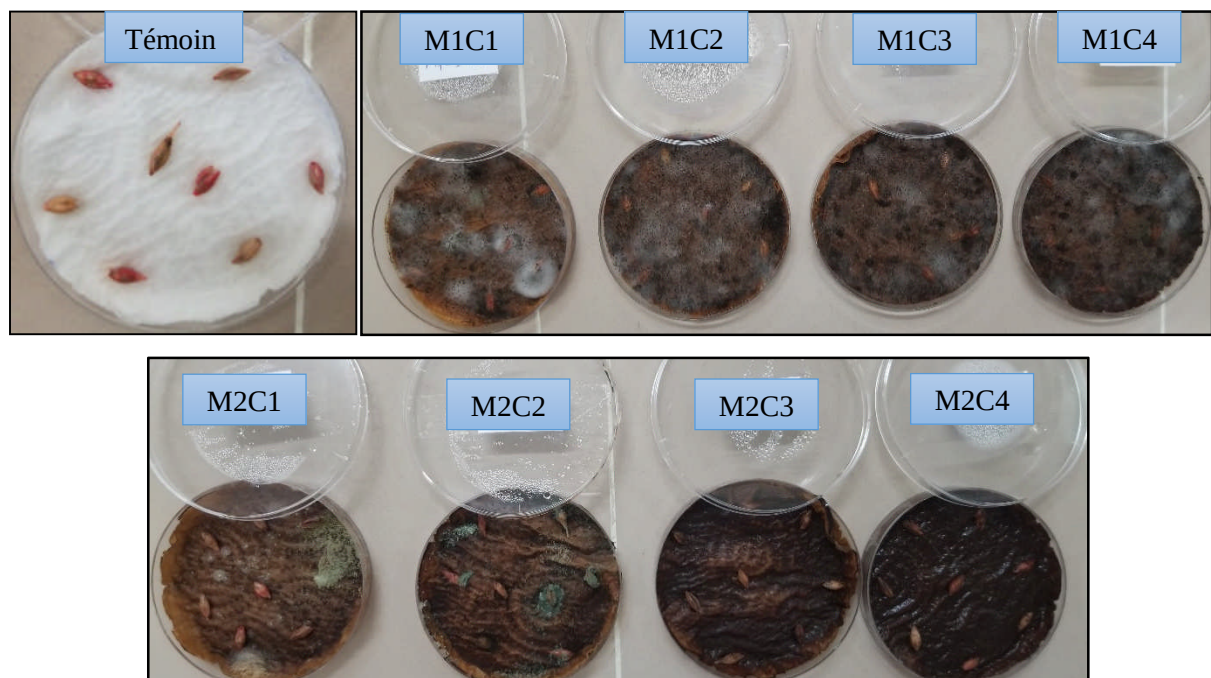


Figure 25. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à 37°C.

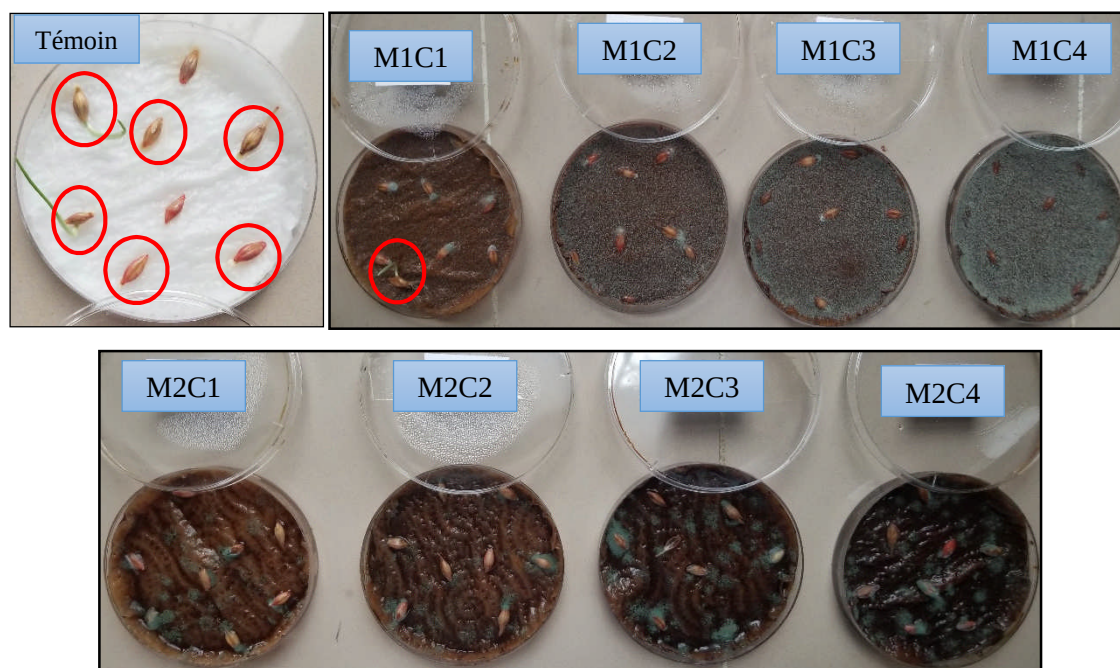


Figure 26. Germination de l'orge Fouara après 9 jours selon les différents traitements à la température ambiante ($\approx 15^{\circ}\text{C}$).

2.2. Test de germination sur pots

Sur la base des résultats obtenus dans le test de germination sur boîtes de Pétri, où la température ambiante a montré le meilleur taux de germination, le test de croissance s'est fait à cette même température. Ceci, afin d'obtenir une germination maximale avec un arrosage à l'eau distillée et sur un sol comme substrat et d'entamer par la suite les arrosages, selon les traitements et concentrations décrites dans le protocole expérimental.

Le taux de germination sur pots après 8 jours a donné une valeur de 78,51%, celle-ci se rapproche du taux obtenu pour le témoin dans le test de germination sur boîtes de Pétri à la même température (75%).

Tableau X. Germination de l'orge sur pots à la température ambiante $\approx 15^{\circ}\text{C}$.

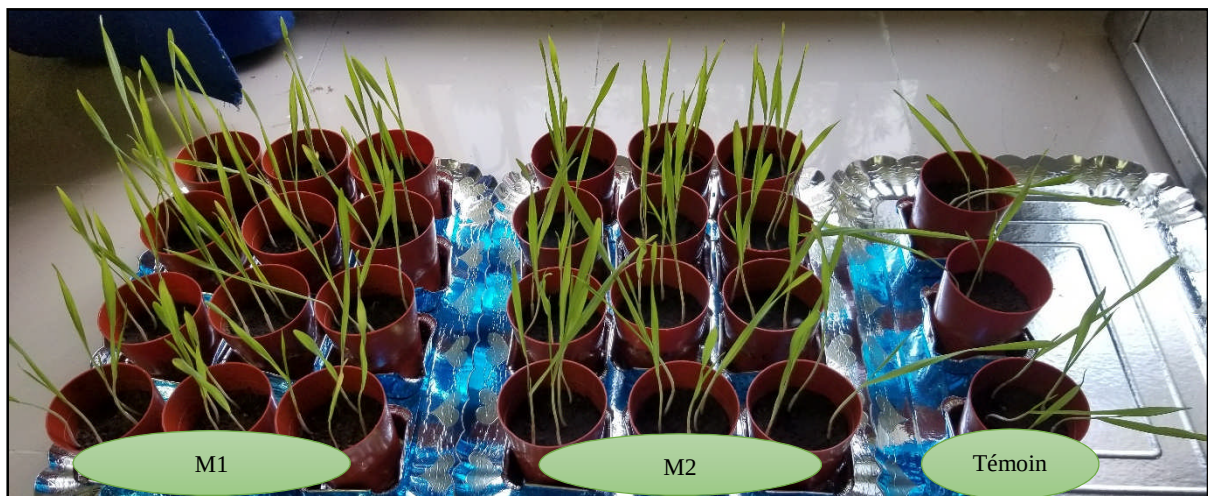
Nombre de pots	Nombre de semences par pot	Nombre total de semences	Nombre de semences germées après 8 jours	%G total
27	5	135	106	78.51

3. Test de croissance

Les résultats de l'essai de croissance des caryopses d'orge *Hordeum vulgare* var. *fouara* sur pots, avec un sol à pH neutre comme substrat, sont affichés dans la figure 27.



➤ Jour 8 : obtention d'une germination avant le début du traitement aux margines.



➤ Jour 18 : l'orge en pleine croissance.



➤ Jour 22 : dernier jour du test de croissance.

Figure 27. Aperçu de la croissance de l'orge *Hordeum vulgare* var. *fouara*.

Un flétrissement de plus en plus important des plantules témoin est constaté, alors que les plantules traitées aux différentes concentrations de margines M1 et M2 restent rigides (figure 27). Le flétrissement des plantes résulte le plus souvent d'un manque d'eau, il se produit lorsque la pression de turgescence dans les cellules végétales tombe vers zéro, réduisant la quantité d'eau dans les cellules, les margines ont empêché ce phénomène. La capacité du sol à retenir l'eau après l'épandage aux margines a déjà été rapporté par certains chercheurs (Yaakoubi et *al.*, 2009 ; Barbera et *al.*, 2013 ; Regni et *al.*, 2017), Ces effets seraient attribués à un enrichissement en matière organique et à l'augmentation de la porosité du sol. Les glucides provenant de la décomposition de la fraction organique représentent des substances de liaison qui augmentent la stabilité des agrégats et améliorent l'aération et le drainage du sol.

Les résultats de la croissance de la partie aérienne des plantules sont exprimés sous forme de moyennes $\pm$ écart type. Les données des variables obtenues dans cette étude ont été soumises à un test de normalité puis à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur et enfin au test de Newman-Keuls.

Le type de traitement (C0 : témoin ; M1C1 : M1 à [20%] ; M1C2 : M1 à [40%] ; M1C3 : M1 à [80%] ; M1C4 : M1 à [100%] ; M2C1 : M2 à [20%] ; M2C2 : M2 à [40%] ; M2C3 : M2 à [80%] ; M2C4 : M2 à [100%]) a un effet sur la croissance de l'orge, avec une probabilité hautement significative, le test de Newman-Keuls a classé les moyennes de chaque traitement en 04 groupes homogènes ; le groupe 01 (M1C2) représente le meilleur traitement en faveur de la levée de l'orge, il est suivi du groupe 02 (C0, M2C2, M2C1, M1C1, M1C3) puis le groupe 03 (M2C3) et enfin le groupe 04 (M2C4, M1C4) qui a donné la croissance la plus basse (figure 28).

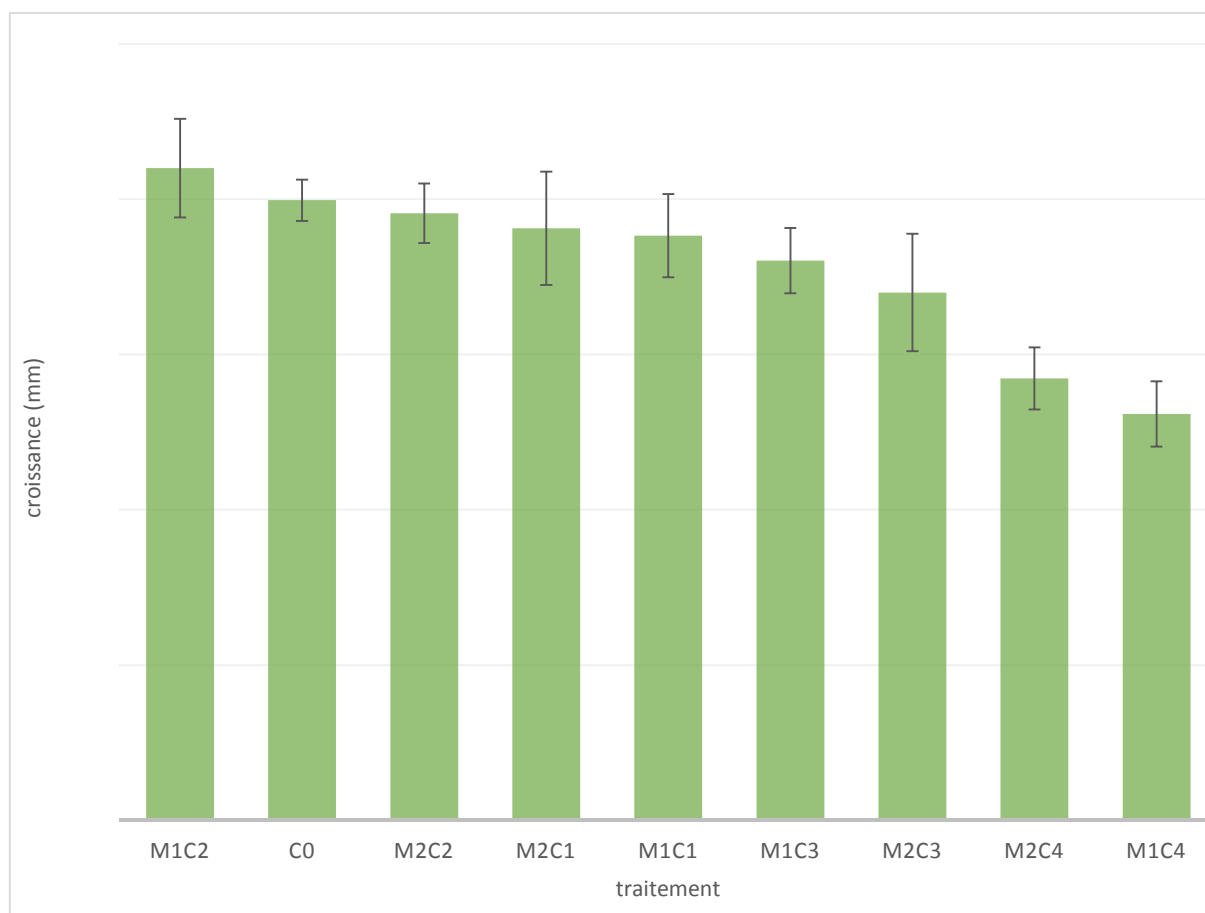


Figure 28. Croissance moyenne de la partie aérienne de l'orge selon les différents traitements.

D'après les résultats, la composition de l'échantillon de marge M1 en constituants dilués à raison de 40% représente une dose équilibrée stimulante de la croissance des plantules. Alors que la marge M2 à cette même concentration a donné une croissance en dessous de celle du témoin. Les deux échantillons ayant montré une composition différente, le taux de matière organique et minérale présent dans le traitement M1C2 est plus élevé que dans le traitement M2C2.

Cet effet stimulant proviendrait d'une amélioration des propriétés physico-chimiques du sol, et ce, par l'effet d'une bonne dégradation de la dose de matière organique par les microorganismes et l'activité enzymatique du sol. Selon Gargouri et *al.* (2014) la minéralisation des acides organiques en ammonium (NH_4^+) est le principal facteur auquel on pourrait attribuer la neutralisation du pH acide des marges dans le sol. Lors de cette étude, un sol caractérisé par un pH neutre et une faible teneur en matière organique a été utilisé. Ce dernier aurait exprimé un pouvoir tampon, la capacité tampon du sol dépend également de sa teneur en CaCO_3 (Gargouri et *al.*, 2014). Selon Barbera et *al.* (2013), l'humification de la matière organique des marges dans le sol aboutit à un humus qui par association avec l'argile forme le complexe argilo-humique riche en nutriments.

La stabilisation du pH aboutit, par la suite, à une bonne biodisponibilité de la matière minérale pour la plante, notamment celle apportée grâce aux margines. L'effet stimulateur de la croissance serait lié à la dose d'éléments nutritifs apportés par les margines, en particulier l'azote (N) organique qui évolue vers des formes minérales (nitrate et ammonium), le phosphore (P) disponible et le potassium (K) échangeable (Regni et *al.*, 2017). En effet, ces derniers sont des éléments fertilisants majeurs ; N joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes, c'est un constituant des acides aminés ; K est un élément mobile dans la plante il intervient dans le transport des sucres ; P est un élément essentiel du transport de l'énergie dans la plante.

Selon l'étude de Magdich et *al.* (2013) sur les effets de l'amendement au margines en fonction de la dose et de la fréquence d'application sur des champs d'oliviers, les doses de margines apportée améliorent les propriétés physicochimiques du sol en augmentant les teneurs en matière organique, en azote total et en potassium du sol. Celles-ci augmentaient avec les doses de margines, pourtant la dose de 200 m³/ha/an utilisée par ces auteurs est nettement plus élevée que les concentrations employées dans la présente étude. Ces auteurs ont signalé une augmentation des populations microbiennes constituées de bactéries et de champignons aérobies avec les applications successives de margines.

Les traitements M2C2, M2C1, M1C1, M1C3 sont statistiquement classés dans le même groupe homogène que le témoin (C0), leurs effets sur la croissance est donc proche de celui du témoin. Toutefois on remarque une légère inhibition qui pourrait être attribuée au ration de constituants présents dans ces traitements qui ne serait pas adéquat au type de sol et à l'espèce testée (déséquilibre ou perturbation du système sol-plante).

Le traitement à l'échantillon M2 concentré à 80% (M2C3) montre un effet inhibiteur sur la croissance de l'orge, cet effet inhibiteur voir toxique est plus marqué dans les traitements aux margines brutes (M1C4 et M2C4). Les effets phytotoxiques des margines pourraient venir de la forte teneur en sels minéraux, du faible pH qui empêcherait la biodisponibilité des nutriments et de la présence de tanins, d'acides gras et de phénols qui ont un effet antimicrobien sur les bactéries du sol. La phytotoxicité pourrait également venir d'une anoxie des racines causée par la consommation d'oxygène par les microorganismes (Roig et *al.*, 2006; Barbera et *al.*, 2013).

Aharonov-Nadborny et *al.* (2018) ont rapporté que l'épandage des margines peut entraîner la séquestration de micronutriments essentiels comme le zinc (Zn), lequel intervient dans la synthèse de l'auxine qui est une phytohormone de croissance, ainsi que dans la synthèse des acides nucléiques et des protéines. Le zinc a un effet direct sur la croissance des feuilles.

Belaqziz et *al.*, (2016) lors de leur étude au champs sur l'effet de l'épandage des margines sur la production du maïs (*Zea mays* de la famille des graminées) sur un sol calcaire, ont obtenu une augmentation du rendement. Cela, avec l'épandage d'une dose de 100 m³/ha/an, approximativement comparable à la concentration C3 (113 m³/ha/an) qui, lors de la présente étude a exercé un effet inhibiteur de la croissance de l'orge.

Les expériences au champs sur des sols calcaires, menées par Mohawesh et *al.* (2019) ont également montré que l'application des margines améliorerait les performances de croissance du blé dur (*Triticum durum* de la famille des graminées). Ces auteurs n'ont observé aucun effet néfaste avec l'épandage d'une dose de 120 m³/ha/an. Ils recommandent l'application de la dose de 60 m³/ha/an, par comparaison, celle-ci est proche de la C2 (56 m³/ha/an) appliquée lors de cette présente étude, qui dans le cas de l'échantillon M1, a exprimé un effet stimulateur de la levée de l'orge Fouara.

D'après les résultats obtenus, l'échantillon de margines M1 s'avère meilleur que l'échantillon M2 pour une application agronomique d'irrigation et fertilisation. En effet M2 a inhibé la croissance de l'orge avec toutes les doses testées. L'épandage aux margines doit être mis en œuvre avec rationalité, en tenant compte de leurs compositions, afin d'établir la concentration adéquate selon la nature du sol et la culture choisie. Le pH et les matières organiques mal stabilisées peuvent inhiber ou réduire le développement des cultures (Roig et *al.*, 2006; Barbera et *al.*, 2013 ; Regni et *al.*, 2017). La dose de 40% de margine M1 (56 m³/ha/an) semble être adéquate et stimulante de la levée de l'orge *Hordeum vulgare* var. *fouara*.

Conclusion et perspectives

Le présent travail a été consacré à l'étude de deux échantillons de margines obtenus par système de centrifugation continu à trois phases, différant par leur année de récolte, ainsi que l'étude de leur effet sur la germination selon trois températures différentes et sur le stade précoce de croissance de l'orge *Hordeum vulgare* L. variété Fouara sur un sol à texture sablo-limono-argileuse.

Les margines sont des sous-produits de l'oléiculture, leurs déversements dans la nature cause problème à l'environnement à cause de leur toxicité qui est liée à la composition phénolique. La caractérisation des deux échantillons de margines montre que ces effluents sont acides principalement en raison de la présence d'acides organiques. La composition a révélé une variabilité d'un échantillon à l'autre ; l'échantillon M2 est particulièrement riche en eau. Quant à l'échantillon M1, il possède toutefois un plus haut taux de matière organique et de matière minérale. Ces variations sont probablement liées à un ensemble de facteurs génétiques, environnementaux, et de pratiques de culture et stockage des fruits selon l'année de récolte.

La richesse de ces effluents en composés à haute valeur tel que l'eau, la matière minérale et organique pourrait être exploitée comme source d'irrigation et de fertilisation des cultures. Dans ce contexte, des tests ont été menés sur l'orge *Hordeum vulgare* qui est une graminée rustique possédant une importance économique dans l'alimentation, la variété choisie est Fouara.

L'essai de germination effectué à trois températures différentes, a montré le meilleur taux de germination à la température ambiante ($T^{\circ} \approx 15^{\circ}\text{C}$) car Fouara est une variété d'orge semée en automne et adaptée au climat méditerranéen des hauts plateaux de Sétif pendant cette saison-là. Cependant le traitement des semences aux margines à cette même température a exprimé une forte inhibition de la germination, particulièrement pour le test effectué avec l'échantillon M2, ce qui serait dû aux effets osmotiques et de toxicité ionique des sels contenus. L'application des margines sur les semences au stade de germination est donc fortement déconseillée.

Le test de l'effet des margines sur la levée de Fouara à la température ambiante et dans un sol à pH neutre a révélé que ces effluents empêchent le flétrissement des plantules, cela pourrait être lié au pouvoir de rétention d'eau dans le sol que les margines améliorent par l'augmentation de la porosité grâce à leur composante organique.

L'épandage aux margines possède un effet majoritairement inhibiteur de la croissance, il devient toxique aux concentrations les plus hautes, cela pourrait s'expliquer par l'effet

phytotoxique de la forte teneur en sels minéraux et en phénols, ainsi qu'au pH acide de ces effluents qui perturbent la constitution physico-chimique du sol influençant ainsi la biodisponibilité des nutriments pour la plante.

Cependant l'échantillon de margines M1 concentré à 40% révèle un effet stimulateur de la croissance de l'orge, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que le sol aurait eu une bonne dégradation de la dose de constituants apportés par ce traitement, ainsi qu'un pouvoir tampon qui aurait rétabli le pH donnant une richesse en nutriments biodisponibles pour la plante. Cependant, il a été rapporté que les sols calcaires étaient plus efficaces sur la croissance des graminées traitées aux margines.

En guise de conclusion, les margines pourraient être considérées comme source d'irrigation et de fertilisation des cultures, cependant leur effet sur la croissance dépend d'un ensemble de facteurs. Il peut s'agir principalement de :

- La nature et la constitution variante de chaque échantillon de margines et le choix de la dose d'application, celle-ci avec une préférence pour les doses faibles qui sont stimulantes et respectueuses de l'environnement ;
- La nature du sol choisi avec une préférence pour les sols calcaires ;
- Le choix de l'espèce végétale à cultiver avec une préférence aux espèces rustiques ayant une bonne capacité d'adaptation.

Comme perspectives il serait intéressant de reproduire le test de croissance de l'orge Fouara avec l'utilisation d'un sol calcaire et sur un volume plus important, le mieux serait un suivi sur une parcelle au champs, et sur une période plus longue qui permettra d'observer le rendement de cette espèce selon le traitement aux margines. Il serait également très intéressant de faire une étude biochimique avec un suivi de la dégradation de la composante organique dans le sol.

Références Bibliographiques

1. Abail Z., Elgharous M., Belmekki M. et Halima O.I. (2013). Conservation agriculture and its impact on soil quality: Highlights of Moroccan research results in semi-arid areas. Conservation agriculture course 2011, 55p.
2. Alvarez G., Chaussod R., Cluzeau D., Godden B., Lemarié C. et Metzger L. (2002). Activités biologiques et fertilité des sols. Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. ITAB, Paris, France. 28p.
3. Aharonov-Nadborny R., Tsechansky L., Raviv M. et Graber E.R. (2018). Mechanisms governing the leaching of soil metals as a result of disposal of olive mill wastewater on agricultural soils. Science of the total environment, 630(1) : 1115-1123.
4. Azbar N., Bayram A., Filibeli A., Muezzinoglu A., Sengul F. et Özer A. (2004). A Review of Waste Management Options in Olive Oil Production, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 34(3) : 209-247.
5. Barbera A.C., Maucieri C., Cavallaro V., Ioppolo A. et Spagna G. (2013). Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. Agricultural Water Management, 119(1) : 43-53.
6. Bargougui L., Guergueb Z., Chaieb M., Braham M. et Mekki A. (2019). Agro-physiological and biochemical responses of Sorghum bicolor in soil amended by olive mill wastewater. Agricultural Water Management, 212(1) : 60-67.
7. Bastida F., Jindo K., Moreno J.L., Hernández T. et García C. (2012). Effects of organic amendments on soil carbon fractions, enzyme activity and humus–enzyme complexes under semi-arid conditions. European journal of soil biology, 53(1) : 94-102.
8. Baver L.D. 1963. Soil Physics. John Wiley & Sons, New York. 489p.
9. Belaqqiz M., El-Abbassi A., Agrafiot E. et Galanakis C.M. (2016). Agronomic application of olive mill wastewater: Effects on maize production and soil properties. Journal of environmental Management, 171(1) : 158-165.
10. Bensemane L. 2015. Analyse de l'adaptation de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous conditions semi-arides. Thèse de doctorat, Option : Biologie et physiologie végétales. Département d'Ecologie et de Biologie végétales, Faculté Science de la Nature et de la Vie, Université Sétif-1. 130p.
11. Besnard G. et Bervillé A. (2000). Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea* L. ssp. *europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. Life Sciences. 323(2) : 173-181.

12. Besnard G., Khadari B., Navascués M., Fernández-Mazuecos M., El Bakkali A., Arrigo N., Baali-Cherif D., Brunini-Bronzini de Caraffa V., Santoni S., Vargas P. et Savolainen, V. (2013). The complex history of the olive tree : from Late Quaternary diversification of Mediterranean lineages to primary domestication in the northern Levant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1756).
13. Bombino G., Andiloro S., Folino A., Lucas-Borja M.E. et Zema, D.A. (2021). Short-term effects of olive oil mill wastewater application on soil water repellency. *Agricultural Water Management*, 244(1) : 106563.
14. Boudiaf Nait-Kaci M., Hedde M., Bourbia S.M. et Derridj A. (2014). Hierarchization of factors driving soil macrofauna in North Algeria groves. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 18(1) : 11-18.
15. Burns R.G. (1982). Enzyme activity in soil : location and a possible role in microbial ecology. *Soil biology and biochemistry*, 14(5) : 423-427.
16. Cabrera F., Lopez R., Martinez-Bordiú A., De Lome E.D. et Murillo J.M. (1996). Land treatment of olive oil mill wastewater. *International biodeterioration & biodegradation*, 38(3-4) : 215-225.
17. Camps-Fabrer H. (1953). L'olivier et l'huile dans l'Afrique romaine (Gouvernement Général de l'Algérie, Direction de l'Intérieur et des Beaux-Arts, Service des Antiquités, Missions archéologiques). In: *Revue des Études Anciennes*, (1955). 57(1-2) : 222-224.
18. Chiappetta A. et Muzzalupo I. (2012). Botanical description. Olive Germplasm The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy. InTechOpen, Innocenzo Muzzalupo, Italy. 384 p.
19. Chimi H. (2006). Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. *Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture*, 141(1) : 1-4.
20. Del Mar Contreras M., Romero I., Moya M. et Castro E. (2020). Olive-derived biomass as a renewable source of value-added products. *Process Biochemistry*. 97(1) : 43-56.
21. Demelon A. (1952). Guide pour l'étude expérimentale du sol. 2ème édition. Gauthier Villars. 251p.
22. Dermeche S., Nadour M., Larroche C., Moulti-Mati F. et Michaud P. (2013). Olive mill wastes : biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*, 48(10) : 1532-1552.

23. Di Mauro M.D., Fava G., Spampinato M., Aleo D., Melilli B., Saita M.G., Centonze G., Maggiore R. et D'Antona, N. (2019). Polyphenolic fraction from olive mill wastewater: Scale-up and in vitro studies for ophthalmic nutraceutical applications. *Antioxidants*, 8(10) : 462.
24. Doula M.K., Moreno-Ortego J.L., Tinivella F., Inglezakis V.J., Sarris A. et Komnitsas K. (2017). Olive mill waste: recent advances for the sustainable development of olive oil industry. *Academic Press. Olive Mill Waste*, 1(1) : 29-56.
25. Duchaufour P. (1995). *Pedology. Soil, vegetation, environment. Pedology. Soil, vegetation, environment. Masson, Paris. 4^{ème} édition. 448p.*
26. Duprarque A. et Rigalle P. (2011). Composition des matières organiques et turn over ; Rôles et fonctions des matières organiques, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », Agroturf.
27. Galanakis C.M. et Kotsiou K. (2017). Recovery of bioactive compounds from olive mill waste. *Academic Press. Olive Mill Waste*, 1(1) : 205-229.
28. Gallais A. et Bannerot H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. *Editions Quae. 55-70.*
29. Gargouri K., Masmoudi M. et Rhouma A. (2014). Influence of olive mill wastewater (OMW) spread on carbon and nitrogen dynamics and biology of an arid sandy soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 45(1) : 1-14.
30. Giban M., Minier B. et Malvosi R. (2003). Stades du blé. *Institut Technique des Céréales et des Fourrages. ARVALIS - Institut du végétal. 68p.*
31. Gigon F. et Le Jeune R. (2010). Huile d'olive, *Olea europaea* L. *Phytothérapie*, 8 (2) : 129-135.
32. Guignard J.L. et Dupont F. (2004). *Abrégé de Botanique, Systématique moléculaire*, 13^{ème} édition, Masson, Paris. p : 209- 222.
33. Gullón P., Gullón B., Astray G., Carpena M., Fraga-Corral M., Lage M.P. et Simal-Gándara J. (2020). Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for innovative functional foods. *Food Research International*, 137(1) : 109683. 17p.
34. Hanifi L. (1999). Contribution à l'étude de l'hétérosis et de l'interêt des F1, F2 et lignées haploïdes doublées chez l'orge. Thèse de doctorat, Discipline: Sciences Naturelles, Université des Sciences et Technologies de Lille. 177p.

35. Jeguirim M., Goddard M.L., Tamosiunas A., Berrich-Betouche E., Azzaz A.A., Praspaliauskas M. et Jellali S. (2020). Olive mill wastewater: From a pollutant to green fuels, agricultural water source and bio-fertilizer. *Biofuel production. Renewable Energy*, 149(1) : 716-724.
36. Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P. et Crowther J.C. (2008). Olive oil history, production and by-product management. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7(1) : 1-26.
37. Khaldoun A. (1989). Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. *Fourrages (Versailles)*, 117(1) : 77-88.
38. Kirmızı S. et Bell R.W. (2012). Responses of barley to hypoxia and salinity during seed germination, nutrient uptake, and early plant growth in solution culture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(4) : 630-640.
39. Lamani O. et Ilbert H. (2016). Spécificités de l'oléiculture en montagne (région kabyle en Algérie) : pratiques culturelles et enjeux de la politique oléicole publique. In : *L'oléiculture au Maroc de la préhistoire à nos jours : pratiques, diversité, adaptation, usages, commerce et politiques (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 118)*, Montpellier : CIHEAM, 149-159.
40. La Rubia-García M.D., Yebra-Rodríguez Á., Eliche-Quesada D., Corpas-Iglesias F.A., et López-Galindo A. (2012). Assessment of olive mill solid residue (pomace) as an additive in lightweight brick production. *Construction and Building Materials*, 36(1) : 495-500.
41. Loumou A. et Giourga C. (2003). Olive groves : "The life and identity of the Mediterranean". *Agriculture and Human Values*, 20(1) : 87-95.
42. Magdich S., Ahmed C.B., Jarboui R., Rouina B.B., Boukhris M. et Ammar E. (2013). Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. *Chemosphere*, 93(9) : 1896-1903.
43. Medouni-Haroune L., Zaidi F., Medouni-Adrar S. et Kecha M. (2018). Olive pomace from an olive mill waste to a resource, an overview of the new treatments, *Journal of Critical Reviews*, 5(6) : 1-6.
44. Mekki A., Dhouib A. et Sayadi S. (2007). Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 84(2) : 134-140.
45. Mohawesh O., Al-Hamaiedeh H., Albalasmeh A., Qaraleh S. et Haddadin M. (2019). Effect of olive mill wastewater (OMW) application on soil properties and wheat growth performance under rain-fed conditions. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(7) : 160.

46. N'Diri A.A., Vroh-Bi I., Kouamé P.L. et Bi I.Z. (2011). Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sciences & Nature*, 8(1-2) : 119-137.
47. Nefzaoui A. (1991). Valorisation des sous-produits de l'olivier. In : *Fourrages et sous-produits méditerranéens (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 16)*, Zaragoza : CIHEAM, 101-108.
48. Negro M.J., Manzanares P., Ruiz E., Castro E. et Ballesteros M. (2017). The biorefinery concept for the industrial valorization of residues from olive oil industry. *Academic Press. Olive mill waste*, 1(1) : 57-78.
49. Obied H.K., Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzler P.D., Robards K. et Stockmann R. (2005). Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4) : 823-837.
50. Paraskeva P. et Diamadopoulos E. (2006). Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment : a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(9) : 1475-1485.
51. Rawat M.S., Pant G., Prasad D., Joshi R.K. et Pande C.B. (1998). Plant growth inhibitors (Proanthocyanidins) from *Prunus armeniaca*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 26(1) : 13-23.
52. Regni L., Gigliotti G., Nasini L., Agrafioti E., Galanakis C.M. et Proietti P. (2017). Reuse of olive mill waste as soil amendment. *Academic Press. Olive Mill Waste*, 1(1) : 97-117.
53. Roig A., Cayuela M.L. et Sánchez-Monedero M.A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*, 26(9) : 960-969.
54. Roussas S., Perraud-Gaime I., Lakhtar H., Aouidi F., Labrousse Y., Belkacem N., Macarie H. et Artaud J. (2009). Valorisation biotechnologique des sous-produits de l'olivier par fermentation en milieu solide. *Olivebioteq*, 26(1) : 52-59.
55. Rozzi A. et Malpei F. (1996). Treatment and disposal of olive mill effluents. *International biodeterioration & biodegradation*, 38(3-4) : 135-144.
56. Rusan M.J., Albalasmeh A.A., Zuraiqi S. et Bashabsheh M. (2015). Evaluation of phytotoxicity effect of olive mill wastewater treated by different technologies on seed germination of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12) : 9127-9135.

57. Silem F. et Tioub I. (2017). Etude du comportement de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) vis-à-vis du stress salin. Mémoire de Master académique, Option : Production Végétale et Environnement, Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences, Université Mohamed Boudiaf, Msila. 87p.
58. Six J., Bossuyt H., Degryze S. et Denef K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1) : 7-31.
59. Soltner D. (2005). Les grandes productions végétales. 20eme Edition. Collection sciences et techniques agricoles. Bressuire, France. 464p.
60. Sullivan P., Arendt E. et Gallagher E. (2013). The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2) : 124-134.
61. Tollefson T. (2005). Les sols et leur environnement. Département des sciences du sol. Université de la Saskatchewan, 36p.
62. Tomati U., Galli E., Fiorelli F. et Pasetti L. (1996). Fertilizers from composting of olive-mill wastewaters. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 38(3-4) : 155-162.
63. Uceda M., Beltrán G. et Jiménez A. (2006). Olive oil extraction and quality. *Grasas y Aceites*, 57(1) : 25-31.
64. Vlyssides A.G., Loizides M. et Karlis P.K. (2004). Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. *Journal of Cleaner production*, 12(6) : 603-611.
65. Yaakoubi A., Chahlaoui A., Rahmani M., Elyachoui M. et Oulhote Y. (2009). Effet de l'épandage des margines sur la microflore du sol. *Agrosolutions*, 20(1) : 36-43.

Webographie :

1. Anonyme 1 : <http://www.pieralisi.com/>
2. Anonyme 2 ; 3 : <http://www.essencedolive.fr/>
3. Anonyme 4 ; 5 : https://uses.plantnet-project.org/fr/Hordeum_vulgare
4. COI, (2020). <https://www.internationaloliveoil.org/>
5. Google Earth, (2020). <https://earth.google.com/web/>
6. ITIS, (2020). <https://www.itis.gov/>
7. UNIFA, (2020). <https://www.unifa.fr/>

Résumé

L'industrie oléicole génère une quantité importante de sous-produits, les margines sont des résidus liquides à pH acide ayant des effets nuisibles sur l'environnement, cependant elles peuvent être valorisées par exploitation de leurs composants (eau, matière minérale et organique) comme source d'irrigation et de fertilisation des cultures. Dans ce contexte, ce travail consiste à l'étude de deux échantillons de margines (M1, M2) obtenus par centrifugation continu à trois phases, différant par leur année de récolte, ainsi que l'étude de leur apport sur la germination et la levée de l'orge (*Hordeum vulgare*) variété Fouara, une céréale d'hiver rustique ayant une grande importance économique. Le test de germination a été effectué sur boîtes de Pétri selon quatre concentrations (25%, 50%, 75%, 100%) et trois températures (15°C, 28°C, 37°C). Le test de croissance a été fait dans des pots selon quatre concentrations (20%, 40%, 80%, 100%), sur un sol à pH neutre. Les résultats révèlent que les margines M1 possède un plus haut taux de matière organique et minérale. Le meilleur taux de germination a été obtenu à la température ambiante ($\approx 15^\circ\text{C}$) pour le témoin, cependant les margines ont exercé un effet inhibiteur. Le test de croissance a révélé que les margines empêchaient le flétrissement des plantules par l'augmentation de la rétention d'eau du sol, leur apport est majoritairement inhibiteur sur la croissance, seul le traitement M1 à 40% a eu un effet positif, cela serait en fonction de la dose de constituants apportés et leur biodégradation dans le sol. L'épandage aux margines doit être contrôlé selon la concentration adéquate au sol et à l'espèce choisie. Il serait intéressant d'effectuer un essai au champs sur un sol calcaire pour observer l'effet des margines sur le rendement de l'orge de variété Fouara.

Mots Clés :

Margines, Valorisation, Orge, Levée, Fertilisation.

Abstract

Olive oil industry generates a large amounts of wastes ; olive mill waste water (OMWW) and olive solid residu, they both represent a environmental pollution problem. However, they are also promising sources of organic compounds and minerals wich could be exploited as a source of crops irrigation and fertilization. In this context, the current experiments were carried out using two OMWW samples, M1 and M2, collected from three-phase centrifugation process, in order to study their effect on barley (*Hordeum vulgare*) germination and growth, variety Fouara. This later, is a rustic winter cereal with great economic interest. The germination tests were performed in Petri dishes at four concentrations (25%, 50%, 75%, 100%) and different temperatures (15°C, 28°C, 37°C). The growth test was conducted in pots, on a neutral soil pH, with OMWW concentrations of 20%, 40%, 80% and 100%. The results revealed that the sample M1 has a higher level of organic and mineral matter. OMWW has blocked germination seeds. The growth test revealed that OMWW moderate concentrations prevented the plants from wilting wich is probably related to the increase in soil water retention, a clear growth inhibitions have been observed for the highest OMWW doses. In comparison with control, soil treatment with M1 40% diluted sample had a positive effect on barley growth, suggesting that OMWW application as a soil amendment should be controlled according to the appropriate concentration. OMWW exploitation as an amendment for soils and additive organic fertilizer for crops could be considered as a good valorisation option of this waste, mainly in countries where OMW causes serious environmental pollution.

Keywords:

Olive-mill wastewater, Valorization, Barley, Raising, Fertilization.