



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

www.fst-usmba.ac.ma

Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques
«Bioprocédés, Hygiène & sécurité alimentaires»

Caractérisation des cultures du haricot blanc irriguées par des margines traitées

Présenté par :

◆ Melle AZZAOUI Naziha

Encadré par :

◆ Pr. ELHARCHLI ELHASSAN

Soutenu Le 6 Juin 2017 devant le jury composé de:

◆ Pr.AMRANI Joutei Khalid

◆ Pr.ELHARCHLI ELhassan

Année universitaire 2016/2017

Dédicace

A mes très chers parents

Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte.

*Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, et vos encouragements.
Jamais il n'aurait vu le jour sans les conseils que vous avez consentis pour mon éducation.
Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur !*

A mes très chères sœurs et frères

A tous ceux qui me sont chers

Remerciements

Les travaux de ce projet de fin d'étude ont été réalisés au sein du laboratoire de Molécule Bioactive et de Chimie Appliquée de la faculté des sciences et techniques Fès.

Je remercie Allah Tout Puissant de m'avoir donné volonté, santé et courage pour réaliser ce travail.

*En premier, je tiens à remercier notre responsable de filière BHSA **Mr.AARAB Lotfi** pour tous les efforts fournis.*

*Mes plus profonds remerciements et toutes mes reconnaissances vont à mon encadrant **Mr. EL HARCHLI Hassan** d'avoir assuré l'encadrement de ce travail. Sa disponibilité, son expérience, son savoir scientifique et ses qualités professionnelles ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Mes remerciements vont également à **Mr. AMRANI Joutei Khalid**, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

Je remercie mes collègues doctorants et étudiants au laboratoire de Molécules Bioactives de leur contribution pour une meilleure réalisation de mon stage, et aussi du plaisir que j'ai ressenti durant cette période au laboratoire ainsi qu'au laboratoire de la Chimie Appliquée.

Mes remerciements à tous mes professeurs de la FST qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de cette formation.

Je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des abréviations

BHA: Butylhydroxy-anisol

BHT: Butylhydroxy-toluène

CEC :Echange cationique du sol

CF : Chlorure ferrique

CH : La chaux

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

DCO : Demande chimique en oxygène

FMAT : Flore mésophile aérobie total

HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance

MB : Margines brutes

MCF : Margines traitées par chlorure ferrique

MCH : Margine traitées par la chaux

MSA : Margines traitées par sulfate d'alumine

NTU : Néphélométrie turbidité unité

PCA : Plat count agar

POU : Protéines d'organismes unicellulaires

RFU : Réserve facilement utilisable

SA : Sulfate d'alumine

T. Ha: Total hip arthro-plasty

T+ : Témoin positif

T- : Témoin négatif

UFC : Unité formant colonie

Liste des tables

Tableau 1: la composition chimique des margines.....	6
Tableau 2: la composition minérale des margines.....	7
Tableau 3 : Composition chimique de la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive.....	17
Tableau 4 : Teneurs en polyphénols totaux dans les margines brutes et les margines traitées	29
Tableau 5 : Concentration en ions ammoniums dans les margines brutes et les margines traitée.....	29
Tableau 6 : Teneurs en ortophosphates des margines brutes et des margines traitées.....	30
Tableau 7 : Concentrations en chlorures dans les margines brutes et les margines traitées.....	30
Tableau 8 : suivi de la cinétique de germination des graines d'haricot imbibées par différents effluents des margines.....	31
Tableau 9 : Variation de taux de germination des graines d'haricot imbibées par les différents margines traitées.....	33

Listes des figures

Figure 1: Evolution de la superficie d'olivier au Maroc.....	2
Figure 2 : Evolution de la production de l'huile d'olive au Maroc.....	3
Figure 3: Répartition de la production mondiale de l'huile d'olive (%) pendant les 5 dernières années (2003 2008).....	3
Figure 4: Répartition et capacités de trituration des unités artisanales et industrielles au Maroc.....	4
Figure 5: Schéma de l'industrie oléicole équipée d'un procédé tri-phasique avec le système de presse...	5
Figure 6: Compostage des margines.....	15
Figure 7 : Epandage des margines.....	16
Figure 8 : Appareillage de jar-test.....	20
Figure 9 : Solutions à doser après l'ajout de réactif de Folin.....	22
Figure 10 : Préparation de sol en pot.....	23
Figure 11 : Pré germination des graines d'haricot dans les pots.....	24
Figure 12 : Repiquages des plantules.....	24
Figure 13 : Germination des graines d'haricot imbibées par des margines diluées et des margine traitées.....	24
Figure14 : Effluents des margines traités.....	27
Figure15 : Evolution de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde.....	28
Figure16 : Germination des graines d'haricot.....	31

Figure17 : Graines d’haricot germées après l’imbibition par les effluents des margines traitées.....	31
Figure18 : Variation de taux de germination des graines d’haricot imbibées par les différents margines traitées.....	32
Figure19 : Plantes d’haricot irriguées par différents effluents de margines traitées.....	32
Figure 20 : Evolution de la croissance végétative des plantes d’haricot irriguées par les différents effluents des margines traitées.....	33

Introduction

Le Maroc est parmi les pays méditerranéens producteurs d'huile d'olive. Cette industrie bénéfique pour l'économie nationale engendre deux résidus : l'un solide : les grignons et l'autre liquide : les margines. Les grignons sont réutilisés en agriculture et en industries, alors que les margines sont rejetées directement dans les égouts. Les critères de pollution des margines se limitent à trois facteurs principaux :

- ✓ L'acidité,
- ✓ La conductivité élevée due à l'ajout du sel lors du stockage des olives avant leur trituration,
- ✓ La concentration élevée en matière organique représentée essentiellement par les composés phénoliques qui sont responsables de la toxicité et de la coloration brune rougeâtre à noire des margines.

De ce fait, le rejet de ces effluents dans les rivières et les égouts sans aucun traitement préalable présente un impact négatif sur l'environnement car les margines contiennent des composés phénoliques toxiques qui provoquent la pollution des eaux superficielles et souterraines, et qui ont des effets antimicrobiens vis-à-vis des communautés microbiennes du sol et aussi des pouvoirs phytotoxiques [1,2]. Les margines culminent aussi des composés azotés, des sucres, des acides organiques, et des pectines ce qui augmentent leur charge organique. Ainsi, la variabilité des caractéristiques physico-chimiques des margines est fonction des conditions climatiques, des cultures d'olives, du degré de maturation des fruits, de la durée de stockage et enfin du procédé d'extraction [3].

Ces considérations ont conduit plusieurs chercheurs à opter pour la voie adéquate du traitement et de valorisation des margines pour limiter leur pollution [4,5]. Mais jusqu'à présent les différents types de traitement des margines étudiés (thermique, physicochimique, biologique) ne résolvent qu'en partie le problème et la plupart des procédés proposés restent insuffisants et incomplets voire même limités.

C'est dans l'objectif de réduire les coûts des traitements et de rationaliser la gestion des margines rejetées, que nous avons procédé à un essai d'irrigation de sol cultivé en haricot par des effluents de margines traitées. Compte tenu de leur composition d'eau (83,2 %), de matière organique (15 %) et de minéraux (1,8 %), les margines suscitent l'intérêt des agriculteurs. L'utilisation de cet effluent à des fins agricoles pourrait être une voie envisageable de valorisation.

Etude bibliographique

I. Le Secteur oléicole au Maroc

1. L'olivier

Le secteur oléicole occupe une place importante dans les pays méditerranéens, et joue un rôle socio-économique important dans diverses zones agricoles marocaines. Il constitue la principale espèce fruitière cultivée au Maroc. Selon les estimations du Ministère de l'Agriculture, la culture de l'olivier génère plus de 11 millions de journées de travail. Sa faculté à croître et à produire dans diverses situations de culture et son adaptation aux conditions pédoclimatiques les plus critiques ont permis son développement sur pratiquement tout le territoire national .

La surface oléicole représente 50% de la surface arboricole et couvre environ 650 000 [7] soit plus de 58% de la superficie arboricole totale (figure 1).

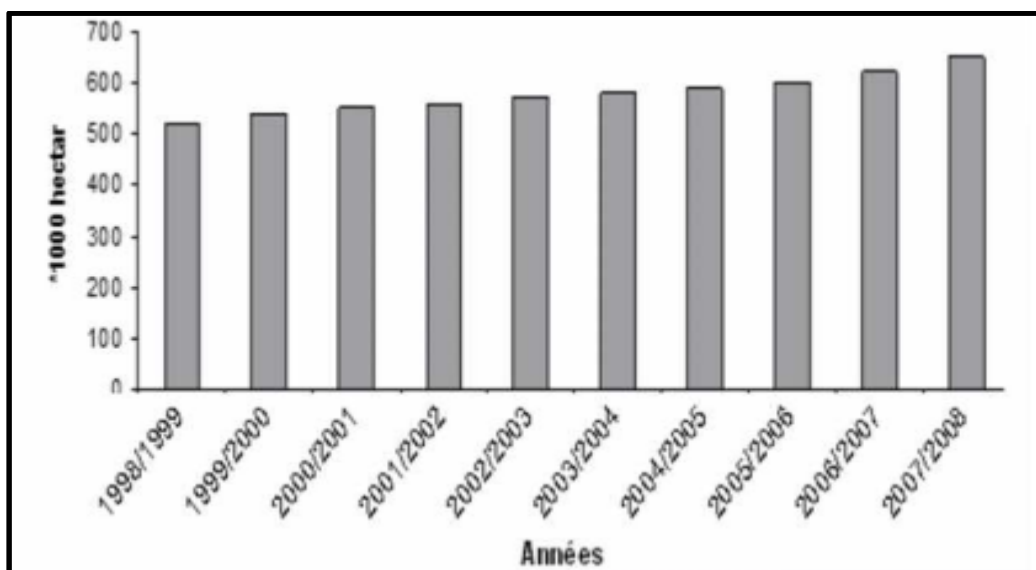


Figure 1 : Evolution de la superficie d'olivier au Maroc [7]

2. L'huile d'olive

L'huile d'olive vierge est un jus d'olive qui est récolté à maturité optimale et correctement traité. C'est une huile de haute valeur qui est pratiquement la seule huile végétale qui peut être consommée directement en l'état, appréciée pour sa saveur et ses caractéristiques nutraceutiques (de santé).

La production d'olives enregistrée en 2007/2008 est de l'ordre de 750.000 tonnes [7]. La variété picholine marocaine représente 95% des variétés cultivées pour à produire la fois, les olives de table (4ème place mondiale) et l'huile d'olive.

Malgré le caractère fluctuant de la production d'huile d'olive, son évolution depuis 2002 montre une tendance à la hausse qui est due essentiellement à une extension des superficies plutôt qu'à une amélioration des rendements (oscillant entre 0,7 et 1,7 T.Ha-1 d'après [8] lesquels rendements restent faibles comparativement aux autres pays oléicoles (Grèce : 1,7 T.Ha-1, Espagne : 1,6 T.Ha-1) [9] La production en 2003-2004 a connu une exception, avec une production d'huile d'olive de 112 000 tonnes (Figure 2). Le Maroc occupe ainsi le sixième rang mondial parmi les producteurs du pourtour méditerranéen, qui génère près de 95% de la production mondiale en huile d'olive (Figure 3).

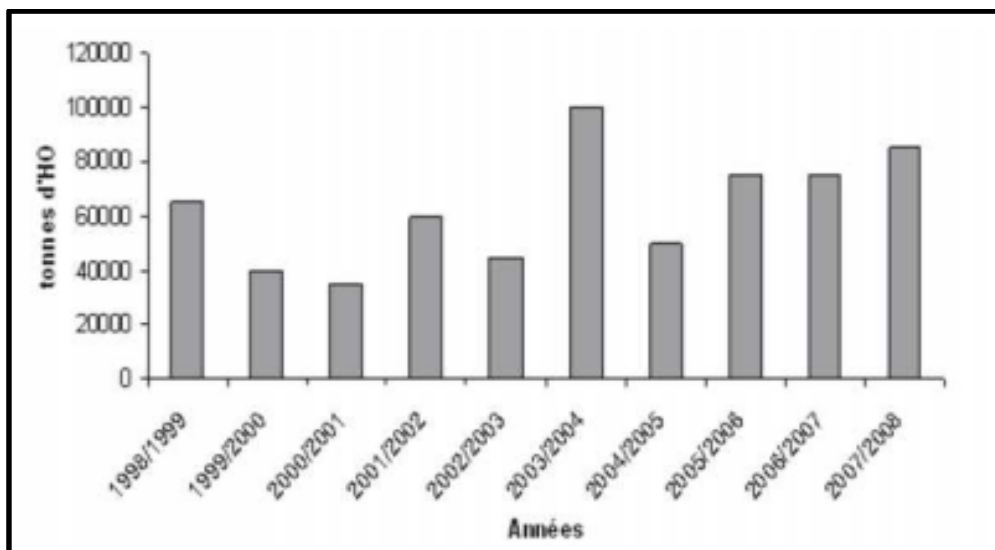


Figure 2 : Evolution de la production de l'huile d'olive au Maroc [7]

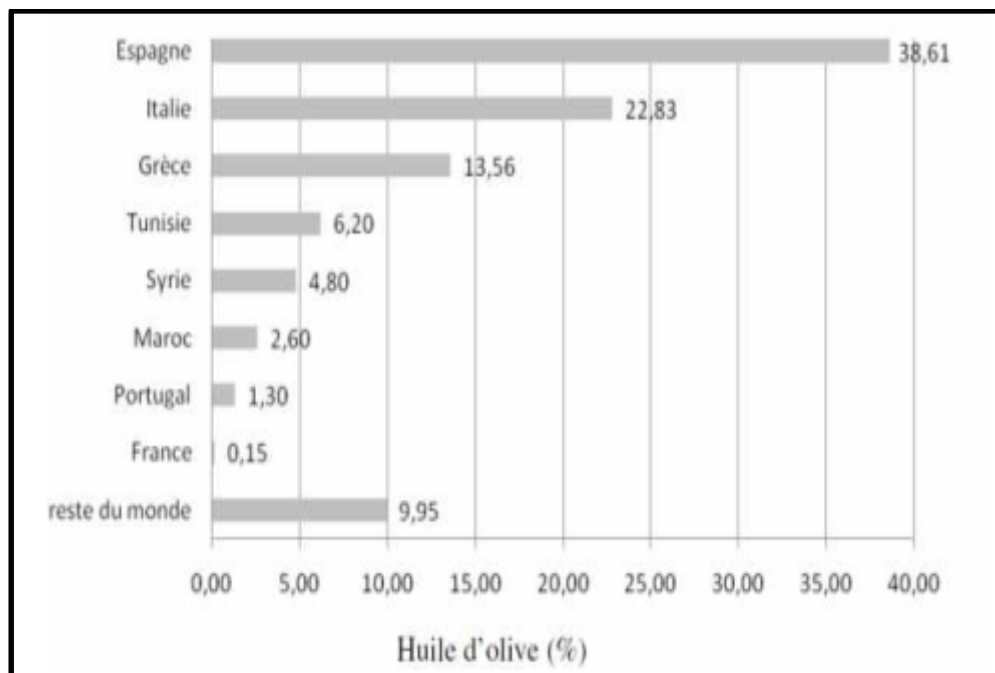


Figure 3 : Répartition de la production mondiale de l'huile d'olive (%) pendant les 5 dernières années (2003 2008) [9]

3. Processus d'extraction de l'huile d'olive au Maroc

Au Maroc, le secteur de trituration d'olive est caractérisé par la coexistence de moulins traditionnels (maâsras) et d'unités semi-industrielles et industrielles. Concernant le secteur traditionnel, on note l'existence de plus de 15 600 "maâsras" avec une capacité annuelle de trituration qui couvre près de 50% de la production nationale, alors que le secteur moderne et semi-moderne est représenté par 334 unités ayant une capacité minimale de trituration d'environ 10 tonnes/jour et susceptible d'être augmentée de façon substantielle (Figure 4). Les "maâsras" fonctionnent majoritairement avec le procédé tri-phasique par le système de presse ou de centrifugation; et ce procédé génère deux types d'effluents solides (grignons d'olive) et liquide (margines d'olive). En plus le Maroc a introduit le procédé à deux phases qui génère des grignons humides (50 et 60 %), et une faible production de margines [7].

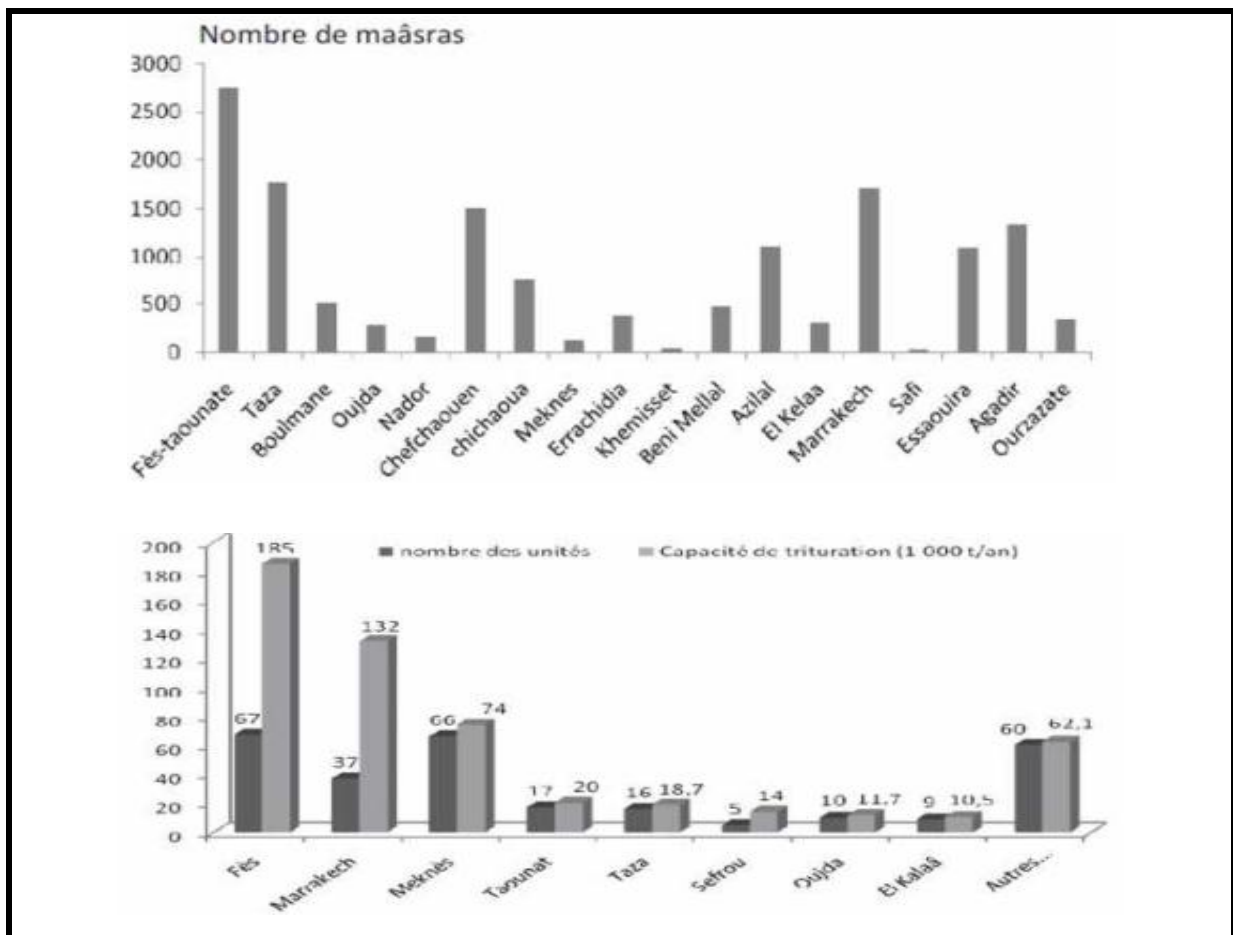


Figure 4 : Répartition et capacités de trituration des unités artisanales et industrielles au Maroc [7]

Dans les "maâsras" fonctionnant avec le système de presse, les olives sont broyées et malaxée à l'aide de broyeurs comportant une ou deux meules qui tournent avec une énergie

électrique. La pâte d'olive obtenue est répartie manuellement dans des sacs qui sont ensuite empilés sous des presses hydrauliques. Il en résulte, après pression, un résidu solide appelé grignon brut et un moût huileux constitué de l'eau de végétation (les margines) et de l'huile d'olive. La récupération de l'huile est obtenue après décantation accompagnée d'une séparation par une centrifugation (Figure 5).

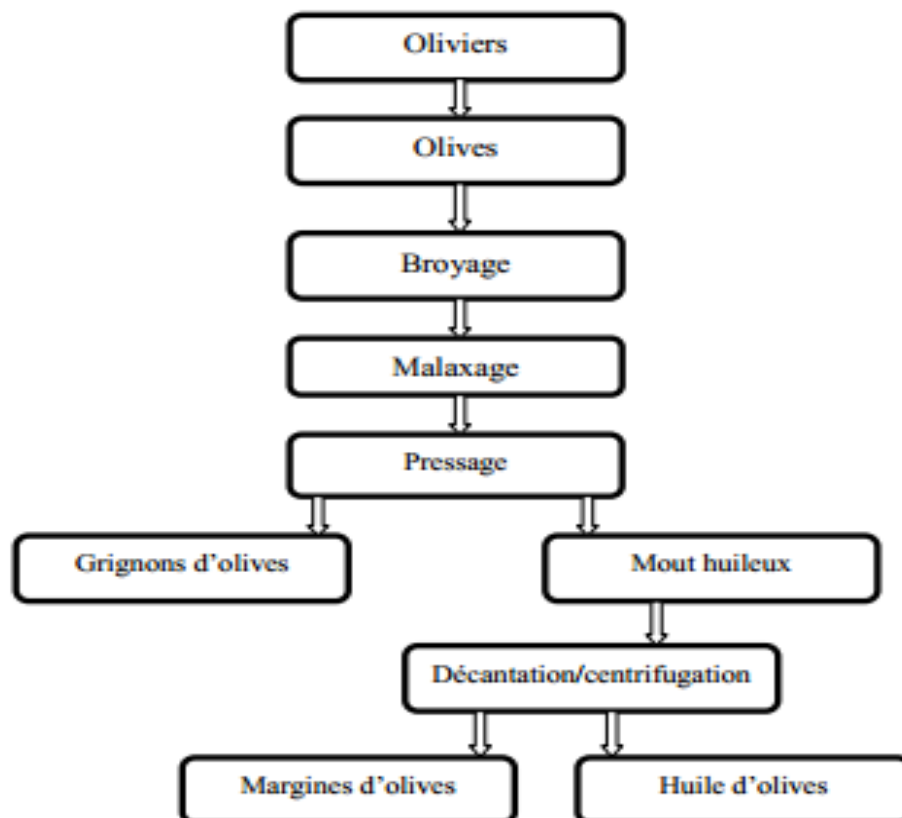


Figure 5: Schéma de l'industrie oléicole équipée d'un procédé tri-phasique avec le système de presse [10]

4. Sous-produits de la production oléicole

L'industrie oléicole, en plus de sa production principale qui est l'huile (l'huile d'olive vierge et l'huile de grignon), engendre la production de deux résidus, un liquide et l'autre solide :

- Grignons ou tourteaux d'olive : sont des résidus solides issus de la première pression ou centrifugation, ils sont formés des pulpes et des noyaux d'olives.
- Margine ou eau de végétation : un liquide d'aspect trouble, de coloration brune-rougeâtre à noire ; d'odeur forte de l'huile d'olive, de goût amer. Elles sont caractérisées par un pH Légèrement acide, une très grande conductivité électrique, et une degré élevé de pollution organique (protéines, lipides, glucides et polyphénols).

II. caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des margines

Ces effluents ont une forte charge saline et sont très acides, riches en matières organiques et en polyphénols peu biodégradables. Ces eaux sont caractérisées par un pH de 4,5 à 5 et une conductivité de l'ordre de 10 mS/cm due surtout aux ions potassium, chlorure, calcium et magnésium. La DCO (demande chimique en oxygène) peut varier de 50 à 220 g/l [11].

1. Composition chimique des margines

De nombreuses études sur la composition des margines ont montré qu'elles comportent approximativement 83 à 94 % d'eau, 4 à 16 % de matières organiques et 0,4 à 2,5 % de substance minérale [12-13].

Tableau1: la composition chimique des margines [14]

composants	Massique %
Matière sèche	1,4 -17
Matière minérales	10-15
Sucres divers	30-50
Graisses et huiles diverses	12-35
Composés phénolique	5-25
Azote organique	10

Les caractéristiques et le composition complexe et hétérogène des margines dépend de plusieurs facteurs : le stage de maturation des olives, les conditions climatiques, la variété des oliviers, le système de culture, la situation géographique, le temps de stockage des olives avant la trituration, les techniques et le lieu de stockage, la nature de conservation des olives et le procédé d'extraction d'huile d'olive [14-15].

a-Fraction minérale

Les margines comportent des quantités significatives de sels minéraux (tableau). Une proportion de 80% de ces sels sont solubles (phosphate, sulfates et chlorures) et 20% sont insolubles (carbonates et silicates) [16].

Tableau 2: la composition minérale des margines [16].

Espèces	Concentration (mg .l)
Orthophosphate	800,6
Chlorures	270,2
Sulfate	16,68
Sodium	5370,9
Potassium	15295,5
Calcium	1167,6
Magnésium	410,3
Fer	103,4
Aluminium	8,34
Chrome	0,66
Nickel	3,36
Cobalt	1,33
Manganèse	1,66
Cadmium	0,83
Oxyde de silicium	41,7
Zinc	10,0

b. Fraction organique

Les margines comportent deux fractions organique : la fraction insoluble qui représente les matières en suspension et colloïdales et fraction soluble qui représente les sucres, les lipides, les acides organiques, et les composés phénoliques [17].

b. 1. Sucres

La teneur en glucides varie entre 2 et 8% du poids de la pulpe d'olive fraîche. Les glucides rencontrés contiennent principalement des composés ligno-cellulosique et des pectines qui représentent respectivement 3% et 0,6%.d'autres sucre simple comme le glucose, le saccharose, le mannose, l'arabinose, le raffinose et le xylose sont aussi présent [18-19].

b.2. Composés azotés

Les protéines représentent la fraction azotée avec une concentration qui varie de 1,2 à 2.4%.dans les margines presque tous les acides aminés sont présents. Les plus abondants sont l'acide aspartique, l'acide glutamique, la proline et la glycine [20].

b.3. Vitamine

Les plus fréquentes sont les vitamines du groupe et la vitamine PP avec une concentration de 124 mg.kg-1 de teneur qui peut être exploitée à l'échelle industrielle [16].

b.4. Acides organique

Les principaux acides organiques rencontrés dans les margines sont les acides : fumarique, glycérique, lactique, malique et malonique. Leur proportion varie entre 0,5 et 1,5% [16].

b.5. Huile

La concentration des acides gras contenue dans les margines dépend du procédé d'extraction utilisé, elle varie entre 0,02 et 1%. l'acide oléique est le plus abondant, il représente 65% de la totalité d'huile [16]

b.6. Composés phénoliques

Les composés phénoliques des margines sont très divers et leur structure est très variable. Ils proviennent de l'hydrolyse enzymatique des glucides et des esters de la pulpe d'olive au cours du processus d'extraction.

b. 6.1. Les monomères phénoliques

Plusieurs monomères aromatiques ont été identifiés dans les margines par des techniques de chromatographie (HPLC ou CPG). Ils sont représentés essentiellement par des acides et des alcools phénoliques.

***Acides phénoliques**

Les acides phénoliques sont les monomères les plus abondants dans les margines, ce qui explique leur acidité. Plusieurs acides phénoliques ont été identifiés dans les margines :

- Acide caféique [21,22]
- Acide p-coumarique [21,22]
- Acide protocatéchuique [21,22]
- Acide vanillique [21,22]
- Acide 4-hydroxyphénylacétique [22]
- Acides yringique [22]
- Acide p-hydroxybenzoïque [22]
- Acide vératrique [23]

***Alcools phénoliques**

Parmi les alcools phénoliques les plus rencontrés dans les margines, nous citons :

- 4-Hydroxyphényléthanol [21].
- 3,4-dihydroxyphényléthanol [21] appelé aussi hydroxytyrosol.
- 4-hydroxyphényléthanol (tyrosol) [22].
- Syringaldéhyde [22].

Ces alcools peuvent être parfois liés à des glucosides comme le 4-diglucoside β (3,4 dihydroxyphényl) éthanol.

b.6.2. Les polymères phénoliques

Les polyphénols identifiés dans les margines sont essentiellement :

- Les anthocyanes.
- Les tannins : leur structure est très complexe, leur concentration peut atteindre 12 g/l [24-25] .Ils sont classés conventionnellement en tanins hydrolysables et tanins condensés.

2. Caractéristiques microbiologiques

Dans les margines d'olive, seuls quelques microorganismes arrivent à se développer. Ce sont essentiellement des levures et des moisissures. Dans la plupart des cas, il y a absence de microorganismes pathogènes et ils ne posent alors aucun problème de point de vue sanitaire. Le pouvoir antimicrobien des margines [26] est lié essentiellement à l'action exercée par les composés phénolique et les pigments bruns ou catéchol-mélaninique [27]. Ces effluents agissent sur les bactéries en dénaturant les protéines cellulaires et en altérant les membranes [28]. Ils peuvent inhiber également l'activité des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote dans le tube digestif des ruminants en inhibant leur activité enzymatique [29].

III. Impact des margines sur l'environnement

Les grignons ne posent pas de problèmes particuliers pour l'environnement et connaissent à l'heure actuelle diverses voies d'utilisation et de valorisation telles que : la production de charbon de bois et la possibilité éventuelle d'exploitation des éclats de bois pour la fabrication de la pâte à papier. En revanche, les margines constituent une source d'inquiétude au Maroc. Elles créent d'importantes nuisances et perturbations du milieu récepteur. Ces effluents sont acides et extrêmement chargés en matières organiques qui contiennent essentiellement des composés phénoliques provenant de la pulpe d'olive. D'où la forte activité polluante des margines sur les eaux de surface. Le rejet des margines des industries productrices d'huile d'olives est un problème majeur surtout pour les pays du bassin méditerranéen du fait qu'elles renferment une fraction organique importante et provoquent plusieurs type de pollution.

1. Impact sur l'air

Les mauvaises odeurs posent des problèmes de pollution de l'air par le taux élevé d'ammoniaque et d'autres gaz produits lors du traitement de ces effluents.

2. Impact sur les eaux

Les résidus métalliques et organiques, la demande biologique et chimique en oxygène constituent une source de pollution de l'eau qui se transmet vers les eaux souterraines et superficielles du globe terrestre .Puisque les margines sont le plus souvent rejetés dans les récepteurs naturels des cours d'eau, sans aucun traitement préalable, ce qui empêche ces eaux de s'autoépurer. En effet les margines contiennent des concentrations élevées en phosphores et en tannins, en plus, une large quantité de nutriments:

- Les phosphores accélèrent le développement des algues et augmentent la probabilité d'une eutrophisation entraînant un déséquilibre écologique dans les eaux naturelles.
- La présence des tannins, provenant de l'olive et se trouvant dans les margines, provoque une décoloration de ces eaux .
- Alors que, les nutriments entraînent une augmentation des microorganismes qui infectent les eaux et les rendent dangereuses pour la vie aquatique.

De plus, la margine contient des quantités élevées de sucres et de lipides. Les sucres provoquent une augmentation de la population microbienne, par conséquent une augmentation de la consommation d'oxygène dissout, donc une réduction de sa disponibilité pour d'autres organismes vivants. Les lipides forment un film imperméable, ce qui empêche la pénétration des rayons lumineux et de l'oxygène.

3. Pollution sur les sols

Les composés phénoliques, les acides organiques, et la haute salinité (conductivité élevée) peuvent causer des effets phytotoxiques sur les oliviers [30]. Ils provoquent une diminution de la matière sèche en diminuant la disponibilité de l'azote, en plus de leur toxicité pour certains micro- organismes [31]. Les acides, les éléments minéraux et les substances organiques aboutissent à une destruction de la capacité d'échange cationique du sol (CEC), par suite, une réduction de la fertilité du sol.

La grande variété des composantes trouvées dans les margines nécessitent des technologies différentes de traitement pour éliminer les agents polluants ayant des effets nocifs sur l'environnement.

IV. Traitements des margines

Bien qu'il n'existe pas encore de solution parfaite permettant le traitement des margines, certaines procédées semblent être plus efficaces que d'autres. Les choix opérés par les chercheurs dépendront ainsi des contraintes, du moment et des facteurs multiples et complexes d'ordre socio-économique et techniques. Toutefois, les procédés de traitements envisageables pour l'élimination de la charge polluante des margines peuvent être classés physiques, chimique et biologique [32]. Ils peuvent être utilisés seuls ou combinés :

- Procédés thermique,
- Procédés physiques,
- Procédés chimiques,
- Procédés biologiques.

1. Procédés thermiques

***Evaporation naturelle**

L'évaporation dépend étroitement de la vitesse du vent, du degré d'ensoleillement et de l'humidité de l'air. Ce procédé consiste à stocker les margines dans des bassins de faibles profondeur (0,7 à 1,5 m). Elles sont ensuite séchées pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois selon les conditions climatiques. Cette méthode simple permet d'éviter le rejet des margines dans les égouts et dans les rivières. Mais ce système présente aussi plusieurs inconvénients, tels que :

- problèmes d'esthétiques et odeurs nauséabondes,
- faible biodégradation,
- formation d'une pellicule lipidique étanche à la surface qui entrave la pénétration de la lumière et limite l'évaporation naturelle,

***Evaporation forcée**

Pour pallier les problèmes de l'évaporation naturelle, des panneaux évaporateurs dans les bassins de stockage des margines ont introduit. Ainsi, elles sont pompées puis projetées par des asperseurs sur les panneaux juxtaposés, ayant une importante surface d'échange d'air. Cette installation permet de faciliter l'évaporation de la phase aqueuse des margines de 100 à 300 m²/m³ du bassin. Parmi les inconvénients de cette méthode; le dégagement de mauvaises odeurs et l'importance du coût d'énergie dépensée.

2. Procédés physiques

***Procédé des membranes**

Les procédés à membranes comme l'ultrafiltration et l'osmose inverse, s'emploient souvent dans le traitement de certains courants liquides résiduaux, ceci permettant d'éliminer les polluants de l'eau en générant un courant liquide et un courant concentré;

***Procédé de bio-filtration**

Ces procédés s'emploient fréquemment pour éliminer les solides des eaux résiduaux. Les solides contenus dans l'eau sont retenus en formant un tourteau qui augmente la résistance au passage du déchet, augmentant en même temps l'efficacité de la filtration et aussi le coût opérationnel. Dans les filtres conventionnels, les composés dissous passent avec le déchet aqueux et restent à l'état brut. Cependant, les procédés de bio-filtration sont une exception, dans ce cas le filtre, le filtre sert en plus de nutriment pour les bactéries, donnant lieu à un procédé de dégradation biologique des substances organiques dissoutes. Les installations de bio-filtration éliminent 100% les solides et entre 70-80% des composés organiques dissous.

Avantages :

- Rétention des solides,
- élimination d'une grande partie des composés organiques dissous,

Inconvénients:

- engorgement du filtre et le pouvoir polluant élevé du concentrât (tourteau) résultant,
- coût d'investissement trop élevé,

***procédé d'adsorption**

L'adsorption consiste la concentration du polluant organique dans un support solide avec une grande superficie spécifique, généralement du charbon actif (500—1500 m²/g). Dans le traitement des margines, le principal objectif de l'adsorption est celui de biodégrader les composés organiques ayant des effets bactéricides, inhibiteurs ou colorants (tanins –phénols).

3. Procédés chimiques

***Oxydation humide**

On procède à l'oxydation des substances organiques en phase liquide, en se servant de l'oxygène ou d'un autre oxydant chimique tel que (ozone ou peroxyde d'oxygène). Le procédé se fait à hautes pressions (10 à 220 Bars) et à des températures relativement élevées (120-330°C), le procédé d'oxydation fournit du CO₂ et H₂O; mais ce procédé nécessite aussi un traitement aérobie. Malgré son efficacité, ce traitement n'a pu être réalisé à l'échelle industrielle son coût d'investissement reste trop élevé.

***Coagulation – floculation**

Le principe de la technique de la coagulation-floculation est basé sur la déstabilisation des particules en suspension par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques afin de favoriser leur agglomération et de permettre leur décantation. Les particules en suspension les plus difficiles à éliminer dans les eaux à traiter sont celles qui possèdent une très petite taille (particules colloïdales causant la turbidité) et celles qui sont dissoutes (matières organiques causant la coloration). Ces colloïdes portent habituellement une charge électrique négative qui empêche les particules de s'agglomérer les unes aux autres pour former des particules plus volumineuses (flocs) et faciliter leur élimination par sédimentation et filtration. Le but de la coagulation est de neutraliser les charges de ces particules afin de favoriser la formation d'un agglomérat. Pour ce faire, on introduit habituellement dans l'eau à traiter un produit chimique nommé « coagulant », le plus souvent des sels d'aluminium ou de fer.

4. Traitements biologiques

Ils sont basés sur la croissance des microorganismes aux dépens des matières organique (matières en suspension et matières dissoutes), biodégradables, qui constituent, pour eux, des Aliments. La dégradation biologique à l'opposé des autres procédés est considérée comme une méthode plus saine, efficace et moins coûteuse pour la réduction des polluants.

***Traitement aérobie des margines**

Plusieurs études ont été réalisées sur le traitement aérobie des margines, par des cultures pures de micro-organismes tels que *Aspergillus niger*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Aspergillus terreus*, *Phanerochaete chrysosporium* et *Pleurotus ostreatus* [33]. D'autres travaux ont prouvé l'efficacité du traitement aérobie par des cultures mixtes. Une dégradation considérable de deux composés phénoliques les plus représentatifs dans les margines (tyrosol et l'acide caféique) a été obtenue en utilisant les micro-organismes isolés des margines [34].

Au Maroc, le traitement aérobie des margines à pH neutre par les micro-organismes du sol a permis d'éliminer 70% des composés phénoliques et de réduire 63% de la DCO initiale [35]. D'autres travaux ont prouvé l'efficacité du traitement aérobie des margines par *Phanerochaete chrysosporium*. Les résultats de cette étude ont révélé des taux d'abattement de la DCO et des polyphénols de l'ordre de 73% et 83% respectivement après 12 jours d'incubation pour une DCO initiale de 50 g d'O₂.l⁻¹. Une élimination de la DCO de l'ordre de 55%, 52,5% et 62,8% a été obtenue avec des margines traitées en aérobiose par *Geothricum sp*, *Aspergillus sp*. et *Candida tropicalis* respectivement [36].

L'inconvénient majeur du traitement aérobie est la consommation excessive d'oxygène. En général, le traitement des margines par l'application seule des procédés biologiques a donné des résultats insuffisants [37] Ceci est dû en grande partie à la présence de fortes charges organiques polluantes représentées particulièrement par les composés phénoliques.

***Traitement anaérobie des margines**

La fermentation anaérobie peut être utilisée comme un moyen de traitement et d'exploitation des margines [33]. En effet, la digestion anaérobie des margines offre des avantages significatifs en matière de réduction de la consommation d'énergie et de la production de boues. De plus, elle a révélé des performances élevées en comparaison avec le traitement anaérobie d'autres rejets industriels agroalimentaires. Parmi les avantages de ce traitement :

- les bactéries anaérobies ont la capacité de transformer en méthane la plupart des substances organiques présentes,

➤ la demande de nutriments est faible,

5. Procédés combinés

Les margines ne peuvent être traitées par un simple procédé biologique, physique ou chimique. Une série de traitements s'avère nécessaire pour réduire la forte concentration en composés phénolique.

***Traitement des margines par électrocoagulation et bio-méthanisation**

Pour répondre aux besoins des industries productrices d'huiles d'olives des pays méditerranéens, un procédé de traitement des margines par électrocoagulation et bio méthanisation a été développé, le couplage de ces deux procédés représente une solution adaptée au problème de l'élimination des margines : la bio-méthanisation permet la transformation de la matière organique en substances chimiques diverses en condition d'anaérobiose et sous l'action de bactéries présentes dans le milieu. Ce procédé permet la formation de biogaz, seulement l'action des bactéries, est dans le cas des margines fortement ralentie par la présence de polyphénols contenus dans les margines, substances toxiques contenus dans ces eaux, un prétraitement est donc nécessaire et se fait par électrocoagulation. L'électrocoagulation est un procédé d'électrolyse qui permet la séparation des margines en boues et en liquides biodégradables. Par ailleurs, les polyphénols et certains autres produits toxiques (métaux lourds) sont éliminés. Les boues sont extraites et vont au compostage, les liquides sont acheminés vers le biométhaniseur.

Parallèlement aux recherches réalisées sur le traitement des margines, des études de valorisation ont été effectuées.

V. Valorisation des margines

Les margines sont riches en éléments nutritifs minéraux et organiques. Ce critère a amené les chercheurs à mettre au point de nombreux procédés de valorisation et d'exploitation des margines aussi bien à l'échelle de laboratoire qu'à l'échelle pilote. Cette valorisation a pour objectif l'élimination des composés phénoliques d'une part et l'utilisation des margines dans les domaines de la biotechnologie, de la chimie et de l'agriculture d'autre part.

1. Production de biogaz

L'application du processus de la digestion anaérobie aux margines permet de transformer environ 80% des substances organiques en biogaz (65 à 70% de méthane). Ainsi, la fermentation méthanique permet la dépollution des margines tout en produisant de l'énergie [38].

2. Utilisation des margines en compostage

Le compostage est l'une des techniques de recyclage des margines et leur transformation en fertilisant. Les margines sont absorbées sur un substrat solide avant d'être utilisées comme un compost [39]. donc, ce compost s'obtient principalement par dégradation aérobie-anaérobie de substance organique des résidus solides (margine + résidus agricoles) .Afin que ce processus se réalise, il faut prolonger le temps de contact de ces résidus agricoles dans les margines dont le taux en substances organiques et minérales appropriées pour mener à bien le processus d'obtention du compost [40].



Figure 6 : Compostage des margines

3. Récupération de quelques composants

L'expérience dans ce domaine est très récente et les résultats sont encore à l'état embryonnaire il s'agit en particulier, de la récupération des composants aromatiques et phénoliques et des solutions de glucides. Les composants aromatiques sont obtenus par distillation sous vide et les arômes sont récupérés par extraction aux solvants (hexane puis chloroforme); les principaux composants sont des terpènes, des dérivés benzéniques, des éthers.

- Les extraits phénoliques ont été comparés aux antioxydants de synthèses les plus connues (BHA: butylhydroxyanisol, BHT: butylhydroxytoluène) dans des essais de résistance à l'oxydation. Il a été constaté que l'addition de l'extrait de margine protège de l'oxydation de manière plus efficace que l'addition du BHA.
- le coût de production de ces extraits des margines est inférieur à celui des antioxydants de synthèse. L'avantage supplémentaire est l'utilisation de substances naturelles propre d'un aliment millénaire. La fraction des margines peut être utilisée pour la production de biomasse, riche en glucides et fermentescible [40].

4. Production des protéines d'organismes unicellulaires (POU)

Grâce à leur richesse en matières organiques, les margines représentent un substrat nutritif pour la production des POU qui peuvent être transformées en fourrage. Des chercheurs ont prouvé que de nombreux micro-organismes donnent des taux en protéines non négligeables sur les margines [41].

5. Epandage et fertilisation des sols

À partir de leurs teneurs élevées en minéraux, les margines peuvent être utilisées comme fertilisant. Elles peuvent aussi constituer une fertilisation adaptée à l'olivier, vigne et certaines cultures annuelles, et ainsi être utilisées dans l'irrigation en raison de leur richesse en eau et en minéraux nutritifs. Elles apportent, 3,5 à 11kg de K₂O et de 0,6 à 2kg de P₂O₅ et de 0,15 à 0,5kg de MgO par mètre cube [42].

Les avantages d'utilisation des margines comme fertilisant sont due à leurs potassium, leurs quantité moindre d'azote, du phosphore et du magnésium et le contenu organique améliore le développement des microorganismes du sol, ce qui se traduit amélioration de ses caractéristiques physiques et chimiques.

L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients car elles présentent une salinité élevée provient du sel ajouté lors du stockage avant la trituration, une acidité élevée, ceci risque de poser un problème dans les sols neutres ou acides. Les polyphénols sont des molécules organiques ont des effets phytotoxiques, les margines se comportent comme des herbicides vis-à-vis des plantes vertes.



Figure 7 : Epandage des margines

6. Utilisation en alimentation animale

Les margines ont été utilisées directement comme aliment pour le bétail [43], Cependant, cette pratique reste à risque, en raison des taux élevés en sodium et en composés phénoliques pouvant engendrer un effet antitrypsique. De même, elles ont été fournies aux volailles à la place de l'eau potable. Cette expérience a montré qu'il y avait un léger abaissement du taux de mortalité de ces animaux. L'apport des margines déshydratées a provoqué des diarrhées chez les ruminants. Le procédé Dalmolive décrit par Martillotti (1993) semble remédier au problème. Il consiste à mélanger 50 kg de margines avec 20 kg de grignons et 12,6 kg de

divers résidus et sous-produits agricoles pour réduire l'effet inhibiteur des composés phénoliques. Ceci produit 29 kg d'aliments en pellettes dont la composition est indiquée dans le tableau.

Tableau 3 : Composition chimique de la pâte des margines obtenue par le procédé Dalmolive.(Martillotti 1993).

composant	Valeur (%de la matière sèche totale)
Matière azotée totale	21,6
Matière grasse	4,0
Cellulose brute	13,1

Malgré les multiples procédés testés pour le traitement et la valorisation des margines, seulement quelques-uns sont appliqués à l'échelle industrielle en raison de coût élevé des installations. En plus, les résultats obtenus montrent pour la plupart des procédés, que le coût et l'énergie consommée étaient trop élevés par rapport au rendement d'épuration obtenu. Ceci est lié essentiellement à la grande quantité des margines produites annuellement et à leur forte et complexe charge polluante.

VI. Caractéristique de la culture d'haricot

1. Origine et historique

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est espèce annuelle, originaire d'Amérique du sud et central. Elle introduite en Europe et en Afrique par les espagnols et les portugais au 16^{ème} cycle.

2. Description botanique et morphologique

L' **Haricot**, ou **Haricot commun** (*Phaseolus vulgaris* L.), est une espèce de plantes annuelles de la famille des *Fabacées* (Papilionacées), du genre *Phaseolus*, couramment cultivée comme légume. On en consomme soit le fruit (la gousse), haricot vert ou « mange tout », soit les graines, riches en protéines. Le terme « haricot » désigne aussi ces parties consommées, les graines (haricots secs) ou les gousses. Il joue un rôle important dans l'alimentation humaine comme source d'amidon (féculent), de protéines et dans la fixation biologique de l'azote.

Son système racinaire est faible et peu profond dans le sol. Il est fasciculé et superficiel, pouvant développer des nodosités grâce à la bactérie «*Rhizobium phaseoli* ». Généralement, la plupart des racines se développent à une profondeur de 25 à 45cm.

3. Exigences pédoclimatiques

- **SOL**

Le haricot s'accommode de la plupart des sols bretons notamment des sols légers humifères, pourvu que le pH soit au minimum de 6, et que les sols soient sains, se réchauffant facilement, et bien pourvus en P₂O₅ et K₂O.

- **Besoins en eau**

Le haricot ne supporte pas les stress hydriques pénalisant le rendement et la qualité (fils) et le dégroupage. Il demande 180 à 200 mm d'eau pour accomplir le cycle à une période de l'année où la pluviométrie moyenne ne dépasse pas 100 à 120 mm sur la durée du cycle végétatif. Les besoins en irrigation dépendront des réserves en eau du sol (RFU) disponibles à la mise en place (cf. Irrigation).

- **Besoins en température**

La température optimale de croissance de la plante est de 25°C, le zéro végétatif (température en dessous de laquelle la croissance de la plante s'arrête) est de 10°C. La germination commence à partir de 12°C.

4. Fertilisation

- La fumure **phospho-potassique** apportée par les déjections animales suffit le plus souvent pour satisfaire les besoins en P et K.
- L'impasse est possible au-dessus d'une teneur du sol de 400 mg/kg P₂O₅ et K₂O.
- Préférer **la forme sulfate** plutôt que chlorure lorsque les apports de potasse sont réalisés peu avant le semis Carle.
- En culture conventionnelle, l'apport d'une fumure azotée est économiquement intéressante car elle améliore le rendement de 4 à 6 tonnes /Ha. La fumure azotée se raisonne comme celle du maïs en tenant compte des fortes minéralisations de l'humus du sol, des effets des retournements de prairie, des arrière effets des fumures organiques.

Matériel et méthodes

Cette partie concerne l'ensemble des manipulations réalisées tout au long de ma période de stage de fin d'études. Ceci intéresse principalement l'utilisation des effluents de margines traitées par trois processus physico-chimique différents pour une irrigation en pots d'haricot.

I. Echantillonnage

Les prélèvements d'échantillons de margines ont été réalisés à partir d'un bassin de stockage d'une unité de trituration d'olive située à la région Aïn baïda près de Fès, et le sol utilisé pour notre culture a été aussi ramené d'un champ situé à la même région.

II. Traitement physico-chimique des margines

Les margines qui ont servi lors de notre étude sont traitées par la méthode de coagulation-floculation en utilisant la méthode de JAR TEST (figure8) qui consiste à agiter une série de 4 béchers de la même façon. Cette série comportant les mêmes échantillons des margines est soumise à des doses croissantes du coagulant (chlorure ferrique, sulfate d'alumine et la chaux) afin de déterminer la dose optimale. Les résultats sont appréciés visuellement ou par la mesure de la turbidité.

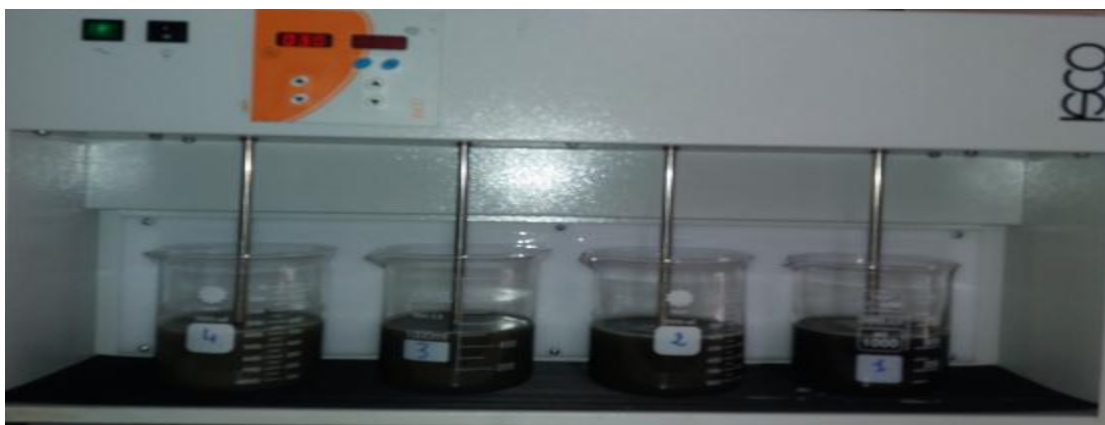


Figure 8 : Appareillage de jar-test

III. Caractérisation physico-chimique des margines

La caractérisation physico-chimique a été basée sur l'étude des paramètres suivants : la conductivité, le pH, la turbidité, l'intensité de la couleur, demande chimique en oxygène (DCO), les composés phénoliques, ions ammoniums, ortho-phosphates, et les chlorures.

✚ Protocol expérimental

Nous avons alors prélevé un volume du surnageant de la margine brute dilué 1/10 pour mesurer la conductivité, le pH, la turbidité (turbidité des eaux usées étudiées renseigne en fait sur l'efficacité du traitement par chaque coagulant), et l'intensité de la couleur. Enfin nous avons réalisé aussi le dosage de la DCO, composés phénoliques, ions ammoniums, orthophosphates, et

les chlorures présents dans la margine brute, diluée et les différentes margines traitées par coagulation-floculation.

1. Conductivité électrique

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre de type inoLabLevel 1. La conductivité est exprimée en mS/cm.

2. pH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre type (HANNA instruments modèle 210), préalablement étalonné avec des solutions tampon pH 4 et 7.

3. Turbidité

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type AQUA LYTIC modèle AL250T-IR, elle est exprimée en NTU.

4. Intensité de la couleur

L'intensité de la couleur a été déterminée par la mesure de l'absorbance à l'intervalle [430-710nm] (spectrophotomètre visible (JENWAY modèle 6051))

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la consommation d'oxygène nécessaire à l'oxydation complète de la matière organique des margines. Elle est exprimée en gramme d'oxygène par litre d'échantillon. Le DCO-mètre utilisé pour l'oxydation de la matière organique à chaud est de type RECORD T5A FUSES. La détermination de la DCO est effectuée par la méthode de dichromate de potassium. Le principe de cette méthode est basé sur une oxydation à ébullition (150°C pendant 2 heures) des matières réductrices par un excès de dichromate de potassium en milieu acide (H₂SO₄), et en présence du sulfate d'argent comme catalyseur et du sulfate de mercure comme complexant des chlorures. En fin de la réaction, la DCO est évaluée par prise d'un échantillon convenablement dilué avant l'oxydation. La densité optique de l'échantillon est obtenue par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 585 nm. Les valeurs de la DCO sont mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre type UV/Visible de marque Jenway 6105.

6. Dosage des composés phénoliques totaux par colorimétrie

Les composés phénoliques sont déterminés par la méthode spectrophotométrique [44] à 765 nm, pour réaliser ce dosage on a procédé les étapes suivantes :

• Traitement de la margine

A la partie aqueuse de margine est ajouté un volume analogue d'hexane, puis la solution est mélangée à l'aide d'un mixer pendant 3 min. à une vitesse de 13500 tours/min. Le mélange

subit à son tour une seconde centrifugation pendant 12 min. La margine est recueillie après séparation complète en deux phases :

Surnageant —————> l'hexane
 Au fond —————> la margine délipidée

La margine délipidée prête à une extraction liquide-liquide.

• **Extraction des composés phénoliques**

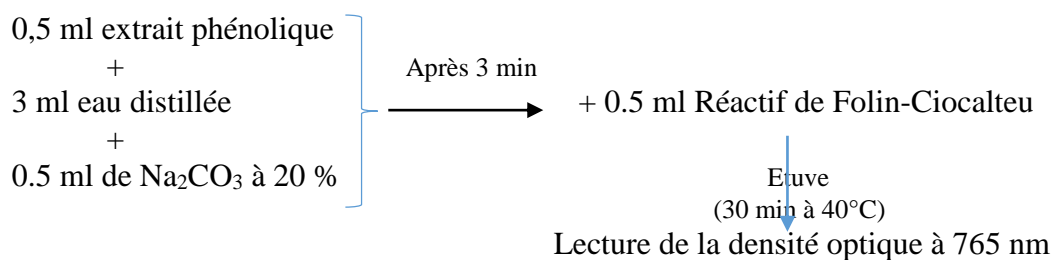
L'extraction des polyphénols de la margine délipidée est effectuée avec du méthanol . 10 ml du mélange méthanol-eau (6/4 v : v) sont ajoutés à 10 ml de la margine délipidée, et l'ensemble est mélangé au vortex. Le volume total subit une séparation par centrifugation. La phase inférieure est recueillie, tandis qu'un second mélange méthanol-eau est ajouté à la phase supérieure, tout en répétant le processus de centrifugation. La phase inférieure est additionnée au volume déjà recueillie.

• **Dosage des polyphénols totaux**

La réaction est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique du réactif Folin-Ciocalteu par les polyphénols en milieu alcalin. Elle se traduit par le développement d'une coloration bleue foncée. La lecture de la densité optique à 765 nm permet de déterminer la concentration des polyphénols en se référant à une courbe étalon dressé à partir de concentrations connues d'acide gallique.



Figure 9 : Solutions à doser après l'ajout de réactif de Folin



le blanc est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait phénolique par l'eau distillée.

7. Dosage des ions ammoniums

Les ions ammoniums sont dosés par la méthode du dindophénol. En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate de sodium comme catalyseur, ils réagissent avec le phénol et l'hypochlorite de sodium, et forment le bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique. La lecture de la densité optique au spectrophotomètre se fait à une longueur d'onde de 630 nm. La concentration des ions ammoniums est déduite à partir d'une gamme étalon d'une solution de NH_4Cl à des concentrations comprises entre 1 et 10 mg de NH_4^+ .l⁻¹.

8. Dosage des ortho-phosphates

Les ortho-phosphates sont dosés selon la méthode de [45]. La détermination de leur concentration est basée sur la formation d'un complexe antimoine-phosphate-molybdate. Ce complexe est réduit par l'acide ascorbique en composé fortement coloré en bleu. La densité optique est lue à une longueur d'onde de 882 nm. Une courbe étalon est réalisée à partir d'une solution de KH_2PO_4 à des concentrations comprises entre 5 et 10 mg de PO_4^{3-} / l.

9. Dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés par la méthode de Mohr, en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent et en présence du chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Le dosage colorimétrique des composés phénoliques, ions ammoniums, et orthophosphates a été effectué par un spectrophotomètre de type CWF modèle 12/13. Les résultats sont exprimés en g.l⁻¹.

Les méthodes utilisées pour le dosage de DCO, composés phénoliques, ions ammoniums, orthophosphates et chlorures, sont celles décrites par Rodier [46].

Tous les essais ont été réalisés en triple.et les valeurs représentées sur les tableaux des résultats sont les moyennes des mesures effectuées.

IV. Test d'irrigation d'haricot par les margines traitées

1. Préparation de sol en pot

Nous avons procédé à un nettoyage du sol des impuretés avant de le mettre en pots à raison de 2 kg par pots. Le nombre total des pots utilisés est de 20 pots (figure10).



Figure 10 : Préparation de sol en pot

2. Mise en Germination des graines d'haricot

Les graines du haricot (*Phaseolus vulgaris.L*) désinfectées par un passage dans l'eau de javel (30 sec à 1 min), puis sont mises à imbiber dans l'eau distillée stérile en pots contenant de papier humide (figure 11), pour permettre la germination des graines. Les graines sont ensuite placées à germer à l'obscurité à une température de 26°C dans un incubateur. Après une germination durant 3 jours, les plantules sont transplantées dans les pots (figure 12), et mises en culture en serre à une température comprise entre 25 et 30°C.



Figure 11 : Pré germination des graines d'haricot **Figure 12 : Repiquage des plantules**

3. Suivi de la cinétique de la germination du le haricot

Les graines de le haricot désinfectées dans l'eau javel (de la même manière que la mise en germination). Elles sont mises à imbiber par des margines brutes, diluées : 1/2, 1/4, 1/10 et par des margines traitées, en boites de pétri contenant de coton (figure 13). Chaque boîte porte 30 graines et le volume des effluents utilisés pour cette imbibition est 40 ml, ensuite les graines placées à germer à l'obscurité à une température de 26°C dans un incubateur.

le témoin est préparé de la même manière en remplaçant les effluents par l'eau distillée.



Figure 13 : Germination des graines d'haricot imbibées par des margines diluées et des margine traitées.

4. Protocol d'irrigation

Après 15 jours de mise en culture des plantules d'haricot, nous avons procédé à l'application d'une irrigation par les margines traitées. Le volume utilisé des effluents est de 100ml par pot avec un nombre total de 20 pots. Le dispositif expérimental utilisé est le suivant :



- Serie 1 : irrigation à l'eau.
- Serie 2 : Irrigation au margine brute.
- Serie 3 : Irrigation au margine traitée par Chlorure ferrique.
- Serie 4 : Irrigation au margine traitée par la chaux.
- Serie 5 : Irrigation au margine traitée par sulfate d'alumine.

Ces traitements ont été comparés à un témoin positif irrigué par l'eau, et un témoin négatif irrigué par des margines brutes. Pour chaque témoin, quatre répétitions ont été réalisées. Nous avons poursuivi l'irrigation tous les deux jours.

V. Suivi de la croissance végétative

Durant la phase de croissance végétale, nous avons mesuré la hauteur des plantes d'haricot tous les deux jours.

VI. Caractérisation microbiologique du sol

La composition microbiologique du sol irrigué a aussi été sujet d'un suivi. Ceci intéresse un dénombrement des colonies de la flore mésophile aérobie totale (FMAT).

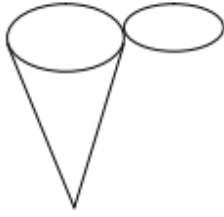
❖ *Préparation de la suspension*

En conditions aseptiques, 1 g du sol prélevé de chaque pot est ajouté à 9 ml d'eau distillée stérile. Cette suspension est soumise à une agitation pendant trois heures.

❖ *Dénombrement*

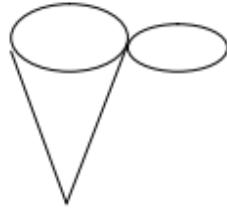
Après homogénéisation, les suspensions ont été diluées jusqu'à 10^{-6} et un volume de 100 μ l de chaque dilution est étalé sur des boîtes de Pétri contenant le milieu PCA (Plate Count Agar). Ces boîtes de pétri ont été incubées dans l'étuve à 37 °C, pendant 48 heures.

1 / 10



Solution mère diluée 1/10

10^{-2}



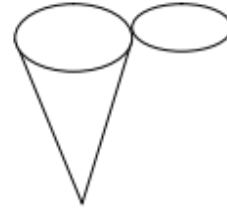
100 µl de la solution mère
+ 900 µl EDS

10^{-4}



100 µl de la dilution 10^{-2}
+ 900 µl EDS

10^{-6}



100 µl de la dilution 10^{-4}
+ 900 µl EDS

Résultats et discussion

I. Traitement physicochimique des margines

Nous avons recueilli les effluents traités (figure14) par la méthode physico-chimique de coagulation-floculation, pour effectuer les différents dosages et les utiliser en irrigation des plantes d'haricot cultivées en pots.



Figure14 : Effluents des margines traités

II. Caractéristiques physico-chimique des margines étudiées

Les margines constituent un rejet pollué sous forme de liquide résiduel dont la composition est variable. Cette variabilité dépend du type d'olives (espèce picholine), du degré de leur maturation (période de collecte), des systèmes de culture, de la pratique de salage pour la conservation des olives, des conditions climatiques et du procédé utilisé lors d'extraction d'huile d'olive. Les margines se caractérisent aussi par une odeur nauséabonde qui s'accroît au fur et à mesure de leur stockage. Dès le premier aperçu des margines, on a constaté qu'ils représentent une coloration brune à brune-rougeâtre, qui devient de plus en plus sombre au cours de leur stockage, avec un aspect trouble et une odeur forte qui rappelle celle d'huile d'olive.

1. Conductivité électrique

Les margines étudiées montrent une conductivité électrique élevée, de l'ordre de 11,5 mS/cm et une salinité de 6,9. Ces valeurs seraient liées à la teneur élevée en sels présents dans ces effluents.

En effet, en plus de la richesse naturelle en sels minéraux, les olives sont conservées au sel commercial, ce qui confère aux margines une forte conductivité électrique.

2. pH

La mesure du pH effectuée donne une valeur de l'ordre de 4,0. Les margines sont donc des effluents acides, en raison de la présence des acides organiques (acides phénoliques, acides

gras...). La valeur enregistrée dans notre étude se trouve dans la limite inférieure de la fourchette citée dans la littérature (4,5 à 6). Cette variation dépend des facteurs mentionnés ci-dessus.

3. Turbidité

Ces margines présentent une turbidité de l'ordre de 890 NTU en raison des teneurs élevées en matières en suspension et en substances organiques.

Après l'opération de dilution (1/10), les caractéristiques des margines montrent une faible augmentation du pH (4,6), une diminution de la conductivité (1,850mS/cm), et de la turbidité (320 NTU).

4. Intensité de la couleur

Un suivi par spectrophotométrie a été réalisé sur l'effluent dans la zone du visible (depuis la longueur d'onde 430 nm jusqu'à 710 nm). Ceci en vue de mesurer les absorbances correspondantes. Nous avons soulevé que les margines brutes présentent de fortes absorbances pour toute la gamme du visible (de 430 à 710 nm). Cependant les margines diluées montrent une diminution des absorbances notamment à partir de $\lambda = 520$ nm.

Les résultats obtenus sur la conductivité, pH, turbidité et l'intensité de la couleur, concordent avec les travaux de [47] qui ont travaillé sur des margines de la même région.

5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La teneur moyenne en matière organique exprimée en termes de demande chimique en oxygène (DCO) est de l'ordre de 69,796 g O₂ /L. Ceci montre la forte demande en oxygène pour l'oxydation complète de la matière organique contenue dans cet effluent. Cette teneur en DCO est très élevée par rapport à celle des margines diluées, qui ont dévoilé un abattement de plus de 63 % de la DCO.

Cette teneur en DCO est très élevée par rapport à celle enregistrée dans d'autres types de rejets. En effet, la DCO ne dépasse pas 4,02 g d'O₂.l⁻¹ dans les effluents d'abattoir qui sont considérés comme les principaux rejets à caractère organique dominant [48]. Toutefois, notre valeur reste comparable à celles obtenues par plusieurs auteurs dans des margines issues du système de centrifugation [49].

6. Composés phénoliques totaux

Ces rejets sont aussi caractérisés par la prédominance de substances toxiques notamment les composés phénoliques qui leur confèrent un pouvoir antimicrobien. Cette concentration élevée pourrait limiter toute biodégradation naturelle, et par conséquent pourrait entraîner une perturbation profonde de tout écosystème.

Effluents	Polyphénols totaux en µg/l d'acide gallique
Margines brutes	2,60
Margines traitées par CF	0,051
Margines traitées par SA	0,052
Margines traitées par la CH	0,0522

Tableau 4 : Teneurs en polyphénols totaux dans les margines brutes et les margines traitées.

Le tableau 4 montre une diminution très importante des teneurs en polyphénols totaux pour les margines traitées, par rapport à celles des margines brutes qui apparaissent riche en composés phénoliques. Ceci indique que le traitement par ces trois réactifs aurait diminué au maximum les taux de composés phénoliques des margines.

Ces résultats obtenus sont comparables avec ceux de [47] qui ont caractérisé des margines de la même région.

7. Ions ammoniums

Effluents	Ions ammoniums en mg/l
Margines brutes	0,0228
Margines traitées par CF	0,0023
Margines traitées par SA	0,0195
Margines traitées par la CH	0,0212

Tableau 5 : Concentration en ions ammoniums dans les margines brutes et les margines traitée

Le tableau 6 montre que les margines ont des concentrations en ions ammoniums assez faible. Ce minéral est très diminué pour les effluents traités. Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par [47] qui ont effectué une étude sur des margines de la région de Fès.

8. les orthophosphates

Effluents	Orthophosphates en mg de phosphore
Margines brutes	0,527
Margines traitées par CF	0,012
Margines traitées par SA	0,014
Margines traitées par la CH	0,019

Tableau 6 : Teneurs en orthophosphates des margines brutes et des margines traitées

Les margines brutes présentent également des teneurs élevées en orthophosphates, cette résultat est comparable à ceux de [45]. Après traitement, les concentrations en phosphore ont diminué dans les margines.

9. les chlorures

Effluants	Chlorures en mg de Cl ⁻ /l
Margines brutes	7100
Margines traitées par CF	710
Margines traitées par SA	355
Margines traitées par la CH	355

Tableau 7 : Concentrations en chlorures dans les margines brutes et les margines traitées

Les concentrations moyenne des chlorures dans les margines sont très élevées. Elles seraient dues à l'ajout du sel en quantité importante pour la conservation des olives. Ces éléments ont un effet néfaste sur les cultures. En effet, [48] ont montré un pouvoir bio-oxydant sur la plupart des micro-organismes, lorsque les concentrations en chlorures dépassent les 10 g.l⁻¹.

III. Test d'irrigation d'haricot par les margines traitées

1. Germination des graines d'haricot

Les graines d'haricot ont été mises à germer (figure 16), et les plantules ont été placées en pots pour démarrer la culture.



Figure 16 : germination des graines d'haricot

2. Suivi de la cinétique de la germination du haricot

Nous avons calculé après chaque 24 heures, le taux de germination des graines d'haricot irriguées par les différents effluents, et nous avons obtenu les résultats suivants :

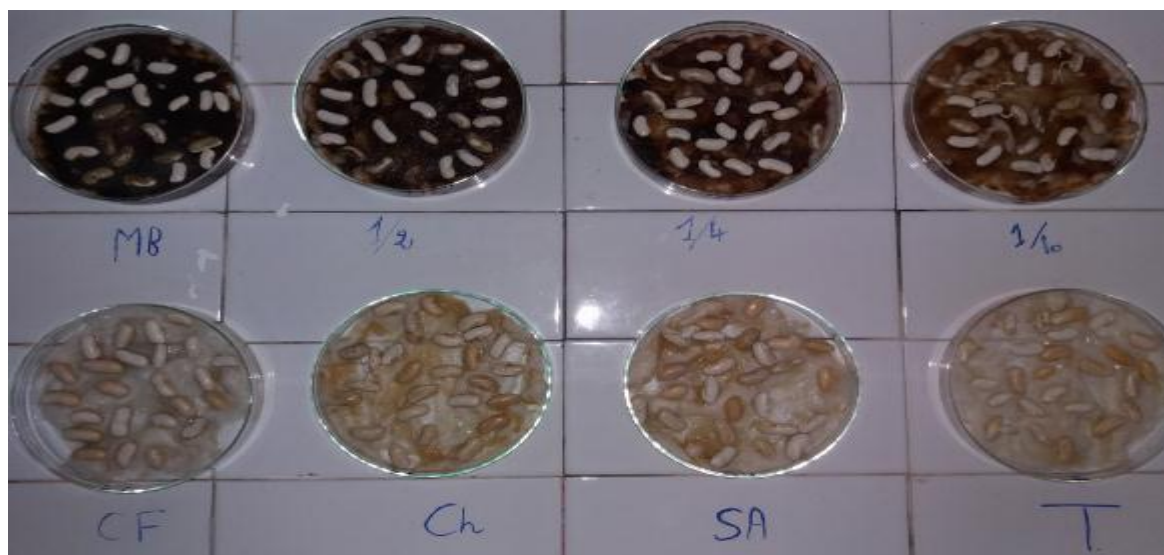


Figure 17 : Graines d'haricot germées après l'imbibition par les effluents des margines traitées

Période / Traitement	24h	48h	72h
Témoin positif (eau)	3	9	13
Margines diluées 1/10	1	9	17
Margine diluées 1/4	0	3	17
Margines diluées 1/2	0	0	1
MCF	0	3	8
MSA	2	9	10
MCH	2	7	15
MB	0	0	0

Tableau 8 : suivi de la cinétique de germination des graines d'haricot imbibées par différents effluents des margines

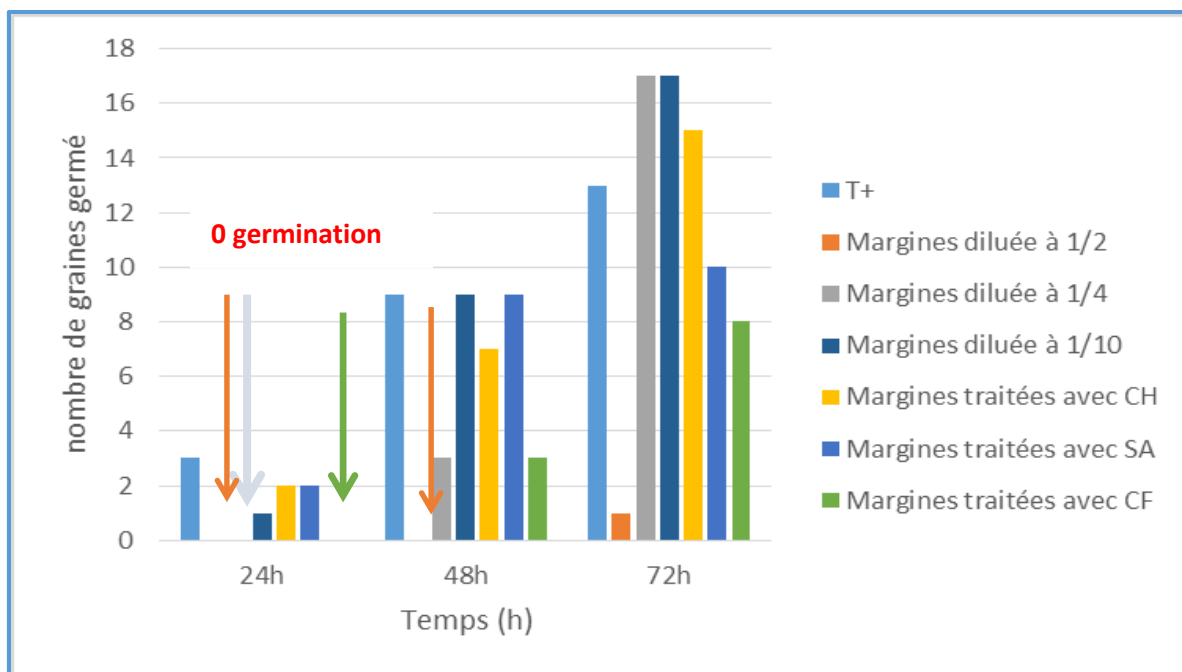


Figure 18 : Variation de taux de germination des graines d’haricot imbibées par les différents margines traitées

Les résultats de la figure 18 montrent des variations de germination des graines d’haricot qu’après chaque 24 heures, le nombre des graines germées imbibées dans les effluents traitées augmente, comparé au témoin (imbibition à l’eau). Les graines imbibées dans les margines brutes ne représentent aucune germination. Nous pouvons déduire d’une part l’effet négatif des margines brutes sur la germination des graines. D’autre part nous avons relevés la possibilité d’une irrigation par des margines diluées (1/10 et 1/4) et aussi par des margines traitées par la chaux, car ces effluents ont permis d’une bonne germination des graines.

IV. croissance végétative

Le suivi de la croissance végétative des plantes d’haricot, donne les résultats suivants :



Figure 19 : Plantes d’haricot irriguées par différents effluents de margines traitées

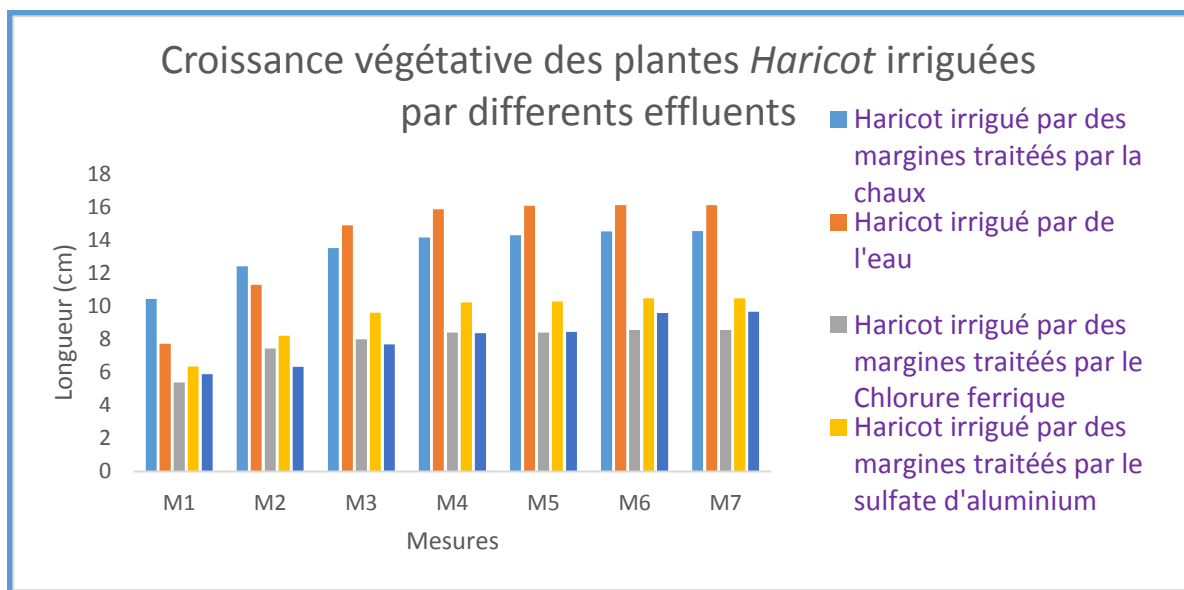


Figure 20 : Evolution de la croissance végétative des plantes d’haricot irriguées par les différents effluents de margines traitées

D’après la figure 20, les plantes irriguées par la chaux montrent une bonne croissance végétative comparée au témoin positif (irrigué par l’eau). Ceci est une bonne indication de la possibilité d’utiliser ces effluents comme des fertilisants du sol.

V. Evolution des micro-organismes du sol

Dans ce volet, nous sommes intéressés à un suivi de l’évolution de la biomasse microbienne en vue de mettre en relief l’effet d’irrigation par des effluents des margines sur les microorganismes de sol.

Traitement	UFC/ml
Sol avant irrigation	12,5.10 ⁶
Sol irrigué par MCF	45.10 ⁶
Sol irrigué par MCH	70.10 ⁶
Sol irrigué par MSA	21.10 ⁶
Sol irriguée par MB	8,5.10 ⁶
Sol irrigué par l’eau	21,5.10 ⁶

Tableau 9 : Caractérisation microbiologique du sol traité par les margines étudiée

En effet, notre étude (tableau9) a bien montré une évolution importante de la biomasse microbienne lors de l’irrigation, comparée à l’état initial (biomasse du sol avant l’irrigation) Ces résultats concordent avec ceux de [6] qui ont montré que l’épandage des margines

favorise la microflore du sol .Nous avons ainsi montré que l'irrigation par l'effluent MCH a fait augmenter la biomasse microbienne du sol.

Ce résultat intéressant ouvre la voie vers une perspective de valorisation des margines en domaine agriculture.

Conclusion

Lors de ce stage nous avons caractérisé des cultures d'haricot irriguées par différents effluents de margines traitées. Nous avons montré que chaque type d'effluents manifeste un effet sur la croissance végétative et que l'effet MCH aurait provoqué une bonne croissance des plantes. D'autres parts, nous avons dévoilé une augmentation de la microflore du sol après irrigation par les différents effluents. Il en découle qu'un futur processus d'irrigation des cultures par les effluents de margines traitées pourrait constituer une meilleur valorisation des margines.