



جامعة القاضي عياض
UNIVERSITÉ CADI AYYAD

كلية العلوم
والتقنيات - مراكش
FACULTÉ DES SCIENCES
ET TECHNIQUES - MARRAKECH



Projet de Fin d'Etudes

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques

Eau & Environnement

TRAITEMENT DES MARGINES PAR ENERGIE SOLAIRE

Réalisé par : **BARRY ALPHA IBRAHIMA** et **DIARRA AMINATA**

Soutenu : **Le 21 Juin 2018**

Devant les membres de jury :

Pr.Ahmed TOUIL	: FST- Marrakech, Encadrant
Pr. Yamina BOURGEOINI	: FST- Marrakech, Examinatrice
Dr. Abdessamad HEJJAJ	: CNEREE-Encadrant externe

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2017-2018

REMERCIEMENT

Nous tenons tous d'abord à remercier **Mme.Laila MANDI** Directrice du Centre National d'Etude et de Recherche sur l'Eau et l'Energie (CNEREE) de nous avoir permis de passer le stage au centre.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à notre encadrant du CNEREE **Mr. Abdessamad HEJJAJ** pour ses conseils et le temps précieux qu'il nous a consacré pour notre encadrement. Nos vifs remerciements pour son soutien et sa claire voyance, ses compétences professionnelles et son précieux aide étaient d'une valeur inestimable pour l'acheminement du travail.

Nos vifs remerciements à notre encadrant de la Faculté de Sciences et Techniques de Marrakech (FST) **Mr.Ahmed TOUIL** qui a assuré notre encadrement tout au long de la période de stage.

Un remerciement spécial à **Pr.Yamina BOURGEOINI** professeur à la Faculté de Science et Technique de Marrakech pour nous avoir fait l'honneur de juger ce travail.

Enfin nous tenons à remercier tout le personnel du CNEREE pour l'accueil et leur aide.

ANNEXES

Liste des abréviations

C.O.I : Conseil Oléicole International

Ha : Hectare

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

NF : Nano filtration

mg/l : milligramme par litre

OVH : Oxydation par Voie Humide

PT : Phosphore Totale

pH : Potentiel d'hydrogène

D.O : Densité Optique

M.S : Matières Sèches

C.O.T : Carbone Organique Totale

S : Surface

R : Rayon

M.O : Matière Organique

g d'O2/L : gramme d'oxygène par litre

mg de P/L : milligramme de phosphore par litre

E.N : Evaporation Naturelle

EFE : Evaporation au Four Electrique

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des pays producteurs d'huile d'olive au monde

Figure 2 : schéma général de l'électrocoagulation et bio méthanisation des margines

Figure 3 : Parabole solaire pour l'évaporation forcée des margines

Figure 4 : Différents constituants de la parabole scheffler

Figure 5 : Bol en céramique utilise pour l'évaporation des margines

Figure 6 : Mesure du pH par le pH-mètre

Figure 7 : Expérience d'évaporation naturelle

Figure 8 : Diminution de la masse en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Figure 9 : Pourcentage d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Figure 10 : Expérience du Four Electrique

Figure 11 : Diminution de la masse en fonction du temps pour le Four électrique

Figure 12 : Pourcentage d'abattement en fonction du temps pour le four électrique

Figure 13 : Pourcentage de quantité d'eau évaporée

Figure 14 : Echantillon de margine après traitement solaire

Figure 15 : Diminution de la masse en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Figure 16 : Pourcentage d'abattement de la masse en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Figure 17 : Diminution du volume en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Figure 18 : Pourcentage d'abattement du volume en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Figure 19 : Pourcentage d'abattement de la DCO en fonction du temps

Figure 20 : Pourcentage d'abattement du PT en fonction du temps

Figure 21 : Résultats du pourcentage d'abattement de l'évaporation naturelle et du four électrique

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classement des dix pays producteur d'huile d'olive du C.O.I

Tableau 2 : Composition des margines

Tableau 3 : Composition minéraux des margines

Tableau 4 : Résultats de la masse en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Tableau 5 : Résultats de la masse en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Tableau 6 : Résultats du pourcentage d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Tableau 7 : Résultats de la masse et du temps pour évaporation au four électrique

Tableau 8 : Résultats du pourcentage d'abattement en fonction du temps pour le four électrique

Tableau 9 : Résultat obtenu à différents temps d'exposition

Tableau 10 : résultat de la masse finale en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Tableau 11 : Résultats de l'abattement en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Tableau 12 : Résultats du volume en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Tableau 13 : Résultat d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Tableau 14 : Résultats des valeurs de pH

Tableau 15 Résultats de la DCO à différents temps

Tableau 16 : Résultats du phosphore total à différent temps

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. Généralité sur les margines.....	4
1. Production de l'huile d'olive.....	4
1.1. A l'échelle mondiale.....	4
1.2. A l'échelle marocaine.....	6
2. Origine des margines.....	7
3. Composition des margines.....	7
3.1. La fraction organique.....	8
3.2. La fraction minérale.....	8
II. Impact des margines sur l'environnement.....	9
1. Pollution des eaux.....	9
2. Pollution des sols.....	10
3. Pollution de l'air.....	10
III. Valorisation des margines.....	10
IV. Procédés de traitement des margines	12
1. Procédé biologique.....	12
➤ Traitement aérobie.....	12
➤ Traitement anaérobie.....	13
2. Procédé chimique.....	13
➤ Coagulation-floculation.....	13
➤ Electrocoagulation	14
➤ Ozonation	14
➤ Oxydation par voie humide.....	14
3. Procédé physique.....	15
Procédés thermiques.....	15
➤ Evaporation naturelle.....	15
➤ Evaporation Forcée.....	16
Procédés membranaires.....	17

➤ Ultrafiltration.....	17
➤ Nano filtration.....	17
➤ Osmose inverse	18
CHAPITRE II : matériaux et méthode.....	19
I. Présentation de la technique de séchage	20
II. Description de la parabole scheffler.....	21
III. Protocoles expérimentaux.....	22
IV. Analyses physico-chimique.....	24
Nature de l'échantillon.....	25
➤ Teneur en humidité.....	25
➤ L'acidité (pH).....	25
➤ Demande chimique en oxygène (DCO).....	25
➤ Phosphore total (PT).....	27
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	28
1. Teneur en humidité.....	29
2. Evaporation naturel.....	29
3. Evaporation forcé par un four électrique.....	32
4. Evaporation forcé par parabole solaire.....	35
4.1. Suivi en fonction du temps.....	37
❖ Masse d'abattement.....	37
❖ Volume d'abattement.....	38
4.2. Suivi des éléments en fonction du temps.....	40
❖ Acidité.....	40
❖ Demande chimique en oxygène (DCO).....	40
❖ Phosphore total (PT).....	41
4.3. Matière sèche.....	42
❖ Carbone organique total (COT).....	42
5. Synthèse des trois systèmes d'évaporation.....	43
CONCLUSION.....	45
PERSPECTIVES	45
Référence bibliographique	

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 ou dans la nature.

Ces pays sont confrontés à la problématique de l'élimination de leurs eaux usées industrielles particulières nommées margines mélange d'huile et d'eau.

Au Maroc, l'industrie oléicole constitue une source de problème environnemental, on estime environ 250.000m³ de production annuelle d'eaux résiduares appelées margines de ce secteur. Ces margines posent de sérieux problème lors de leur évacuation dans le milieu naturel tel que dans les cours d'eaux. Les eaux réceptrices deviennent en effet fortement chargées en matière organique et en polluants et perdent leur capacité de s'auto-épurer.

Les margines sont très polluantes fortement chargées en matière organique et affectent particulièrement la qualité des eaux dans lesquelles elles sont déversées. Elles colorent les eaux et leur forte charge organique exige une forte consommation d'oxygène entraînant une eutrophisation des eaux. Epanchée dans les sols les margines réduisent la qualité de sols, car elles contiennent des substances toxiques qui se fixent dans le sol.

Les critères de pollution des margines se limitent à trois facteurs principaux :

- ✓ L'acidité,
- ✓ La conductivité élevée,
- ✓ 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.

Ainsi, la composition et les caractéristiques physico-chimiques des margines sont 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 **Zenjari (2000)**

L'objectif du présent travail est d'étudier la faisabilité de traiter les margines par évaporation forcée grâce à l'énergie solaire en la comparant aux autres traitements à savoir l'évaporation naturelle et l'évaporation forcée moyennant un four électrique

Le dispositif préconisé est une évaporation forcée des margines en utilisant pour la première fois une parabole solaire de type scheffler de 10m² pour réaliser des tests préliminaires évaluant les performances de traitement et les possibilités de valorisations

CHAPITRE I : ANALYSE

BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralité sur les margines

Les margines sont des effluents visqueux, acides, riches en matières organiques (sucres totaux, substances azotées, acides organiques, polyalcools, pectines-mucilages, tannins et graisses) (Fiesta, 1981 et Hamdi, 1993) et en poly phénols (Sayadi et al., 1996). Elles ont des effets néfastes sur le sol (dépôt huileux, imperméabilisation et éventuellement asphyxie), les fleuves et les nappes souterraines (risque de contamination), le réseau public et équipement d'assainissement (corrosion, diminution de débits) et sur les stations d'épuration (altération de la qualité de l'eau traitée) quand elles sont rejetées sans traitement, sans contrôle et à des doses excessives. Ces effluents sont composées de 40 à 50% de l'eau végétal qui provient du fruit (olive) et le reste de l'eau de fabrication ajoutée lors du processus de trituration (Nefzaoui, 1987 ; Di-Giovacchino, 1996).

1. Production de l'huile d'olive

1.1 A l'échelle mondiale

Bien qu'elle ne contribue qu'à environ 3% du marché mondial des huiles végétales alimentaires, l'huile d'olive est « géographiquement » de plus en plus consommée et appréciée pour son goût unique et ses bienfaits pour la santé. Pour expliquer que de nouveaux pays s'intéressent désormais à cette culture millénaire, il faut certainement tenir compte du fait que depuis plusieurs décennies, les recherches scientifiques ne cessent de confirmer les caractéristiques positives de cet « or liquide » tandis qu'il est toujours plus apprécié au titre de sa place fondamentale dans la diète méditerranéenne que l'Unesco a récemment inscrite sur sa liste du patrimoine culturel immatériel.

La production mondiale de la campagne 2013/2014 atteignait 3 098 000 de tonne (COI, 2014), cette production se concentre principalement dans les pays du pourtour méditerranéen : Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Syrie, Tunisie et Maroc (tableau 1). La production de ces pays représente 94 % de la production mondiale.

Le Tableau1 présente trois campagnes de la production des dix premiers producteurs mondiaux et illustre sa grande variabilité dans la plupart des pays.

Pays	Production (milliers de tonnes)		
	2011/2012	2012/2013	2013/2014
Espagne	1615.0	616.3	1536.6
Italie	399.2	415.5	450.0
Grèce	294.6	357.9	330.0
Turquie	191.0	195.0	180.0
Syrie	198.0	198.0	135.0
Maroc	120.0	100	120.0
Tunisie	182.0	220.0	80.0
Portugal	76.0	59.1	76.2
Algérie	39.5	66.0	62.0
Chili	21.5	28	32.0

Tableau1 : présente trois campagnes de la production des dix premiers producteurs mondiaux et illustre sa grande variabilité dans la plupart des pays.

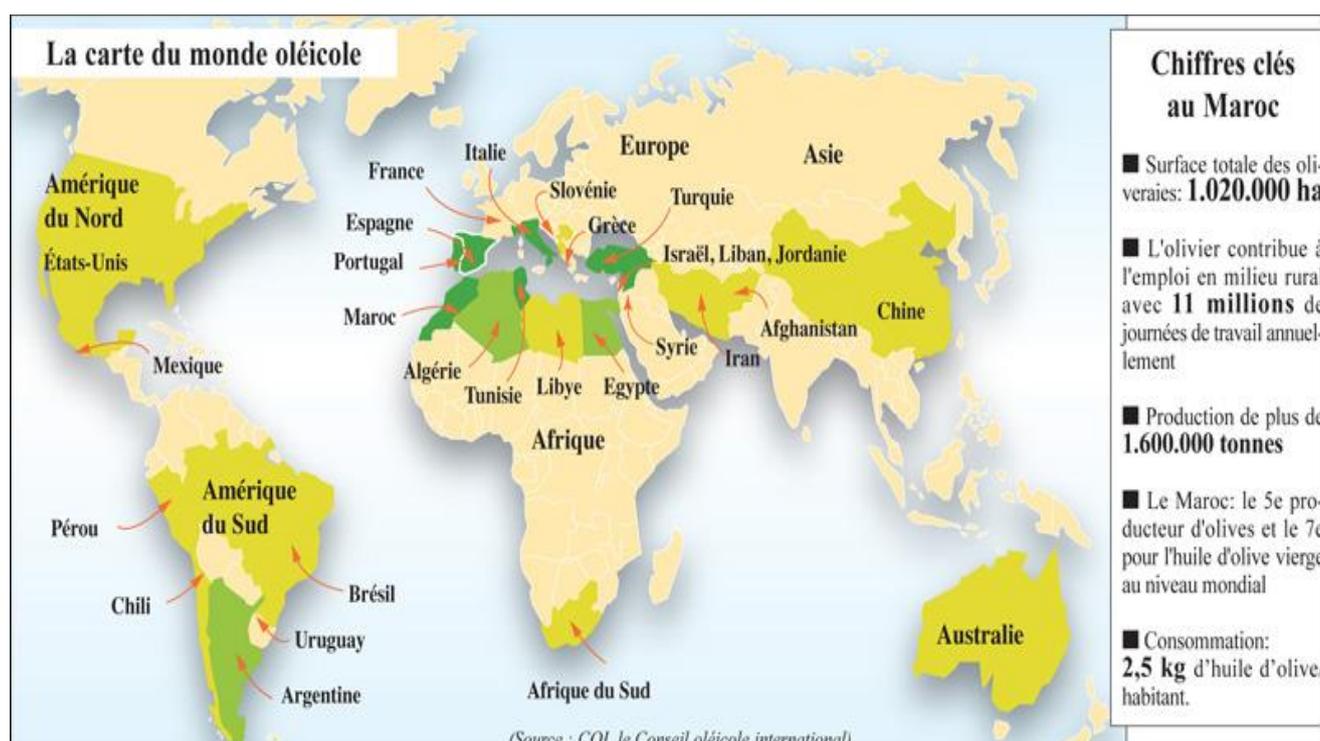


Figure 1 : répartition des producteurs d'huile d'olive dans le monde (association française de l'internationale d'olive 2012)

1.2 A l'échelle marocaine

Au Maroc, l'oléiculture joue un rôle socio-économique très important. En effet, l'olivier constitue la principale espèce fruitière plantée au Maroc, avec environ 550 000 hectares. Le patrimoine oléicole représente plus de 50% de la superficie arboricole totale (**Foastat, 2001**), et est concentré dans trois zones principales (**Achkari-Begdouri, 1994**) :

- **La zone sud** : occupe une superficie de 114 600 Ha, soit 29% de la superficie totale. Elle est représentée par les oliveraies des provinces de Marrakech, Tadla, Beni Mellal, Kala de Sreghnae et Taroudante
- **La zone nord** : couvre une surface de 107 000 Ha, soit 27% de la superficie totale. Elle est représentée par les oliveraies de province de Chefchaoun, Ouazzan et Taounate.
- **La zone centre** : occupe une superficie de 86 000 Ha, soit 22% du total.

Elle regroupe les oliveraies de provinces de Taza, Fès et Meknès.

A l'échelle nationale, l'huile d'olive est extraite par de systèmes modernes de centrifugation (unités industrielles) ou par des méthodes traditionnelles de pression faisant usage de presses mécaniques (petites maâsras). Le potentiel de trituration des olives compte 16 360 huileries réparties comme suite:

- 16 000 unités traditionnelles (Maâsras), avec une capacité de production dépassant les 50% des olives triturées annuellement.
- 360 unités industrielles avec une capacité de trituration de près de 400 000 tonnes.

La province de Fès constitue le premier pôle de production de l'huile d'olive. En effet plus de 42% des unités industrielles sont concentrées sur cette ville. Tandis que les unités traditionnelles (Maâsras) ne présentent que 18% du nombre total des huileries. Marrakech et ses environs viennent en second lieu ; avec 22.4% des unités industrielles et 11% des maâsras, puis la province de Meknès constitue le troisième centre avec un taux de 16.2% d'unités industrielles et 5% des maâsras (**Achkari-Begdouri, 1994**).

2. Origine des margines

Les margines : c'est le résidu aqueux qui est généré lors de la phase de séparation solide liquide par centrifugation ou décantation après le pressage (**Fideli et Camurati, 1981; Paredes, 1999**). Les margines ou eaux de végétation proviennent pour 40 à 50% du fruit et, de l'eau utilisée pour la trituration.

Elles sont à l'origine un liquide rougeâtre sombre, très vite en raison d'une série de processus enzymatique, se dégrade et se transforme en margine, liquide noir et nauséabond, fortement polluant. La qualité et la quantité de la margine générée est variable, elle dépend du système d'extraction, de la variété d'olive, de l'eau utilisée.

La qualité et la quantité des margines dépendent de l'opération d'extraction d'huile d'olive, elles sont aussi influencées par la variété d'olive, la saison de cueillette, le taux de maturation des fruits et les conditions climatiques (**Fiorentino et al, 2003**)

On estime généralement qu'un kg d'olive fournit 1 à 1,5 litres de margines (**Léger, 1999**) ; en fonction de système d'extraction utilisé.

3. Composition des margines

Les composés fondamentaux des margines sont:

- Eau: 82 à 83%
- Substances organiques 15%
- Substances minérales 1.8%

Composant	Teneur en %
Eau	83-88%
Matières organiques	10-15%
Matières minérales	1.5-2%
Matières azotées totales	1.25-2.4%
Matières grasses	0.08-1%
Poly phénols	1-1.5%

Tableau 2 : Composition des margines : **Sousoucy R, 1984, FAO.**

3.1 La fraction organique

Les margines d'olive ont un pouvoir polluant très important avec une demande biologique en oxygène (DBO) de 100 g/L et une demande chimique en oxygène (DCO) de 200 g/L (**Rosario et al., 1999**). Ces valeurs sont 200 à 400 fois supérieures à celles des eaux municipales (**Cossu et al., 2001**). La matière organique des effluents d'huileries d'olive est constituée par des polysaccharides (13-53%), des protéines (8- 16%), des composés phénoliques (2-15%), des lipides (1-14%), des polyalcools (3-10%) et des acides organiques (3-10%) (**Fiestas et Borja, 1992**). Cette composition résulte de la destruction des tissus de l'olive au cours de la trituration et de l'extraction de l'huile (**Cossuet al., 1993 ; Al Mallah et al., 2000; Centi et al., 2000; Chamkha et al., 2001**).

La fraction organique donc des margines a une composition très complexe et hétérogène. Différents composés de nature et de concentration très différentes sont présents :

- Les glucides, les composés azotés et les vitamines
- Les huiles et les acides organiques
- Les composés phénoliques

3.2 La fraction minérale :

La fraction minérale a été complètement analysée par **Salvemini (1985)** et rapportée dans le tableau suivant :

Eléments	Concentration (mg/l)
Phosphore (PO_4^{2-})	800,6
Chlore (Cl^-)	270,2
Sulfate (SO_4^{2-})	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 (SiO_2)	41,7
Zinc	10,00

Tableau 3: composés minéraux des margines (**Salvemini 1985**).

II. Impact des margines sur l'environnement

Le rejet des margines reste jusqu'à présent un problème écologique prépondérant, pour les pays producteurs d'huile d'olive où de larges volumes sont produits dans des intervalles de temps très brefs s'étendant de Novembre jusqu'à Avril (**T.Jardak., 1999**).

Les propriétaires d'huileries d'olive rejettent leurs margines, chargées en matières organiques et substances toxiques, dans la nature ou dans un réseau d'égouts sans aucun traitement ce qui détériore le milieu récepteur.

Les margines ont une forte charge polluante, 2 kg d'olives pressées correspondent à la pollution rejetée par une personne, il est facile d'imaginer l'impact que peut avoir l'activité des huileries sur la qualité de notre environnement (**Scandiaconsult., 1992**).

1. Pollution des eaux

Les margines sont rejetées le plus souvent dans des récepteurs naturels, des cours d'eau, sans aucun contrôle préalable et nuisent fortement à la qualité de ces eaux de surfaces. La très forte charge en matières organiques empêche ces eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances (**B.Samia., 2012**). Les margines sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras volatiles, insecticides, etc....) qu'elles contiennent (**R.A.Vasquez ., 1974**).

Les effluents d'huileries d'olive sont peu dégradables à cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes (phénols, acides gras, etc.) qu'ils contiennent. Souvent rejetés dans des récepteurs naturels sans aucun traitement préalable, les effluents d'huileries d'olive nuisent fortement à la qualité des eaux de surfaces. La coloration des eaux naturelles due aux tannins est l'un des effets les plus visibles de la pollution. La très forte charge en DCO et surtout en DBO empêche les eaux de s'auto-épurer et la pollution peut s'étendre sur de très longues distances (**M.Mebirouk., 2002**).

2. Pollution des sols

L'épandage directe des margines sur le sol est l'origine de nuisances diverses, leur pH acide, leur salinité élevée ainsi que leur abondance en composés phénoliques provoquent la destruction de la microflore du sol et induisent des effets toxique aux cultures végétales. (**J.A.Fistas R.U., 1981**) Ceci entraîne la stérilisation du sol et le déséquilibre de la symbiose entre la microflore du sol et les plantes (**A.Marisot., J.P.Tournier., 1986**).

3. Pollution de l'air

Les fortes teneurs en sels des margines, leur forte charge et leur acidité sursaturent le milieu récepteur et provoquent des conditions d'anaérobioses propices aux dégagements d'odeurs désagréables liées à la formation d'acide H₂S lors du processus de fermentation. Les odeurs incommodes fortement les riverains du cours d'eau.

III. Valorisation des margines

Compte tenu de leur pourcentage en matière organique et leur composition chimique, les margines seules ne peuvent constituer un produit de la valeur intéressante.

Enrichies, mélangées à d'autres résidus agricoles, concentrées, séchées et /ou purifiées. Elles peuvent être valorisées et employées pour la production de certains composants de valeur.

Des études de plus en plus nombreuses ont été conduites par plusieurs chercheurs avec la vision de développer différentes applications de valorisations de margines en vue de limiter leur effet polluant.

➤ **Utilisation des margines comme fertilisant**

De nombreux travaux ont été publiés concernant les effets de l'épandage des margines sur des sols cultivés de céréales ou d'autres cultures annuelles. Des expérimentations agronomiques menées avec des doses d'apport conforme aux règles de fertilisation, ont toutes montré l'effet favorable des margines sur la fertilité des sols. Car d'une part, elles ne contiennent pas de métaux lourds et microorganisme pathogènes, et d'autre part, elles sont riches en éléments minéraux nutritifs (K, N, P) en plus comme elles sont constituées de matière organique, elles représentent un excellent substrat pour le développement de la microflore qui permet d'améliorer les propriétés physico-chimique du sol (**A.Yaakoubi, 2009**).

L.DiGiovacchin et al., (2002) ont fait une étude dont le but était de contribuer à la connaissance des effets de l'épandage des margines pendant une longue période sur des sols complantés de maïs (plus 10 ans) et de vigne (plus 5 ans).

Les résultats obtenus ont montré que les deux sols la productivité augmentée. L'emploi des margines à des doses élevées a permis d'obtenir une biomasse totale supérieure de 30 à 40 % que celle obtenue sur des parcelles témoins. L'utilisation des margines comme fertilisant n'est pas sans inconvénients, ils génèrent une acidité et une salinité élevées, accumulation des lipides et des organique (**A.Yaakoubi et al., 2009**).

➤ **Utilisation des margines en compostage**

Le compostage est l'une des techniques de recyclage des margines. Ces dernières sont adsorbées sur un substrat solide avant d'être utilisé comme un compost (**A.Yaakoubi et al., 2009**). Donc, ce compost s'obtient principalement par une dégradation aérobie-anaérobie de substance organique des résidus (margines + résidus agricoles). Un temps de contact long permettra d'avoir de bons rendements (fixation de résidus agricoles dans les margines).

➤ **Bio-méthanisation des margines**

La digestion anaérobie utilisée pour produire du bio méthane est une technique bien établie et largement étudiée depuis déjà un siècle. Ce processus présente des avantages par rapport aux procédés aérobies classiques, entre autres, d'être moins consommateur en énergie et de produire du méthane qui peut être utilisé pour l'obtention de l'énergie.

Selon **Fiestas Ros de Ursinos, (1982)** la digestion anaérobie des margines est une utilisation intéressante, car elle permet un apport énergétique important puisque chaque m³ de margines produit de 25 à 30 m³ de biogaz (contenant 65-70% de méthane).

➤ Utilisation en alimentation animale

Les margines ont été utilisées comme boisson pour le bétail à la place de l'eau. Cependant cette pratique reste à risque, vu la concentration élevée du sodium et des composés phénoliques qui peuvent engendrer un effet antitrypsique. Ce dernier est responsable de l'apparition des diarrhées chez les ruminants (**Salvemini, 1985**). De ce fait, une application directe des effluents des huileries d'olive bruts est à proscrire. **Chimi, (1997)** a montré que l'ajout de protéines à l'aliment de bétail semble remédier au problème de diarrhées en réduisant l'effet inhibiteur des composés phénoliques.

IV. Procédé de traitement des margines

1. Procédés Biologiques

Ces procédés consistent à utiliser les microorganismes pour dégrader les composés organiques des effluents d'huileries d'olive. Ils sont subdivisés en processus aérobie et anaérobie.

➤ Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies sont adaptés à plusieurs types de résidus : biomasse humide, sous-produits agricoles, déchets des eaux résiduaires. Ils sont le plus utilisés pour le traitement et l'exploitation des effluents d'huileries d'olive à cause de leur charge élevée en matière organique

Des études ont montré que pour une efficacité d'épuration de 80%, il faut un temps de rétention de seulement 20 jours, avec en plus l'avantage de produire une quantité non négligeable du biogaz : 855 L/Kg de matière organique digérée (**B.El Alami., 2000**). La digestion anaérobie permet une réduction de DCO de l'ordre de 70 à 85%. Son rendement est proportionnel à la concentration en microorganismes et varie largement selon la nature du support (montmorillonite ou sépiolite) (**A.Martin, R.Borja, I.Garcia, J.A.Fiestas., 1991**).

Cependant, cette digestion peut être inhibée par les acides gras à chaînes longues, notamment l'acide oléique (**I.W.Koster, A.Cramer., 2000**). De même à partir d'une concentration de 100 mg/L d'acides phénoliques dans les effluents d'huileries d'olive, les bactéries méthanogènes sont inhibées (**M.Hamdi., 1991**).

Ces traitements anaérobies permettent de réduire la consommation en énergie et la production des boues (**R.Borja, C.J.Banks, J.Alba., 1995a**). Ils présentent aussi l'avantage de produire du méthane et de limiter les dégagements de mauvaises odeurs. Par contre, ils sont aussi très limités à cause de la toxicité élevée des composés phénoliques et des tanins, de la faible biodégradabilité des polymères de couleur foncée et de l'acidification des réacteurs (**M.Mouncif, S.Tamoh, M.Faid, A.Achkari-Begdouri, K.Lhadi., 1995**)

➤ Traitement aérobie

Les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique, ils ne peuvent pas être traités directement par voie aérobie. De ce fait plusieurs auteurs ont recommandé de les diluer avant leur traitement, soit avec l'eau (**H.El hajjouji,et al., 2007**), soit avec des eaux usées domestiques (**A.Annaki,1999a**). (**V.Balice, C.Carieri,O.Cera, B.Rindone, 1988**) ont recommandé de diluer les effluents d'huileries d'olive 70 fois avec de l'eau claire non polluée lors de leur épuration avec les boues activées.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur le traitement et le prétraitement des effluents d'huileries d'olive par voie aérobie en utilisant des souches de microorganismes telles que les basidiomycètes (**A.DiasAlbino el al., 2004**), (**M.S.Fountoulakis et al., 2002**) en raison de leur grand pouvoir de dégrader les composés phénoliques (**M.Hamidi,P.Ellouz., 1993**). D'autres auteurs ont utilisé des suspensions mixtes de microorganismes et ont abouti à des abattements très importants en termes de DCO et de poly phénols (**B.Zenjari el al., 1999**).

Ces abattements sont très variables et varient en fonction de la performance des souches sélectionnées. Certaines souches de bactéries et de champignons ont été également testées pour décolorer les effluents d'huileries d'olive et réduire leur toxicité, parmi ces microorganismes on peut citer : (**Sayadi et al., 1996 ; Martirani et al., 1996**). Mais les effluents d'huileries d'olive étant très chargés en matière organique ne peuvent pas être traités directement par ces procédés.

2. Procédé chimique

➤ Coagulation/floculation

La coagulation est l'une des méthodes les plus efficaces pour éliminer les matières organiques en suspension et colloïdales. Elle consiste à traiter les margines avec des produits tensioactifs ou avec certains coagulants.

Le couplage de la chaux ou du sulfate de fer avec des poly-électrolytes cationiques, permet une élimination quantitative de la matière solide en suspension, par contre la réduction de la DCO et des phénols totaux varie entre 10 - 40% et 30 - 80% respectivement. Pour améliorer la dégradation de la matière organique, le coagulant à base de fer est couplé au peroxyde d'hydrogène ce qui augmente la réduction de la DCO jusqu'à 60% (**Ginos et al. 2006**).

Ce traitement physico-chimique offre une solution partielle et nécessite un traitement secondaire. D'autre part, il produit une grande quantité de déchets qui cause d'autres problèmes environnementaux (**Sarika et al. 2005**).

➤ Electrocoagulation

L'électrocoagulation est un procédé d'électrolyse qui permet la séparation des margines en boues et en liquides biodégradables. Par ailleurs, les poly phénols et certains autres produits toxiques (métaux lourds) sont éliminés.

Les boues sont extraites et vont au compostage. Les liquides sont acheminés vers le biométhaniseur qui permet la transformation de la matière organique en substances chimiques diverses en condition d'anaérobiose et sous l'action des bactéries présentes dans le milieu (production de gaz).

La figure 3 décrit le schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines

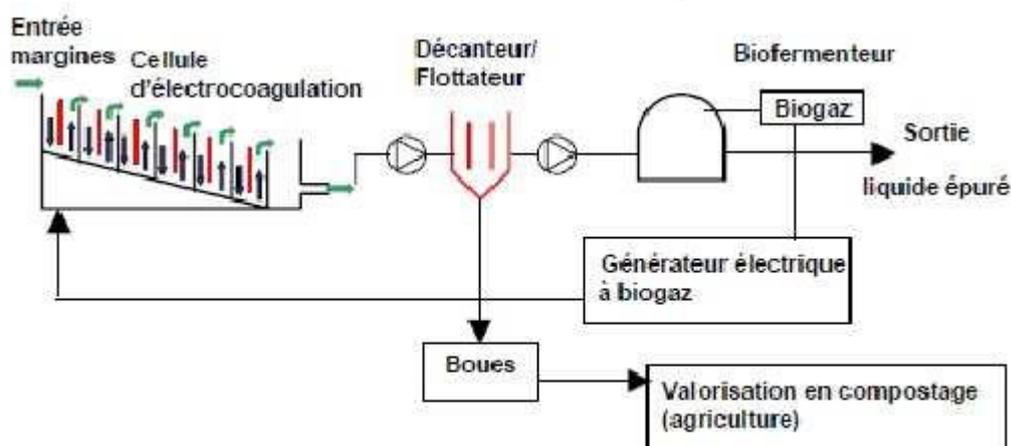


Figure 2 : Schéma général du principe de l'électrocoagulation et bio méthanisation pour le traitement des margines. (GRANIT, traitement des margines par électrocoagulation et bio méthanisation)

➤ Ozonation

L'ozonation constitue le traitement chimique principal, basée sur l'utilisation de l'ozone. L'ozone est certes un oxydant puissant, mais il n'est pas capable d'oxyder complètement la charge organique des margines. (**Roberto Andreozzi, VincenzoCaprio,**

1999) ont montré que les taux de réduction de la DCO durant l'ozonation, dans les conditions les plus favorables, ne dépassent pas 20 à 30 %. **(P.Canizares, J.Lobato, 2007)** ont trouvé que l'ozonation des margines à pH alcalin n'a pas permis d'atteindre une minéralisation complète de la charge organique.

(F.J.Benitez, Beltran-Heredia, 1996) ont montré que ce procédé peut être amélioré par l'utilisation des radiations UV permettant une réduction de la DCO de 5 à 10 % et l'élimination des phénols taux à 97,5 %.

➤ Oxydation par voie humide

L'oxydation par voie humide (OVH) est mise en œuvre pour traiter les effluents à forte charge organique difficilement dégradable. L'agent oxydant est l'oxygène de l'air ou l'oxygène industriel, en se servant de l'oxygène ou d'un autre oxydant chimique tel que l'ozone ou peroxyde d'oxygène. Le procédé se fait à hautes pressions (250-320 Bar) et à des températures relativement élevées (120-330°C), répond aux problèmes posés par les déchets organiques aqueuses toxiques non traitables par les procédés conventionnels. Cette technique consiste à favoriser le contact de l'oxygène avec la solution aqueuse de telle manière que les composés organiques soient convertis en dioxyde de carbone et l'eau.

Rivas et al (2001), ont obtenu une réduction de 50 % en DCO à 180 °C sous une pression de 7 MPa après 6 heures de traitement en utilisant le peroxyde d'hydrogène et l'oxyde de cuivre (CuO).

L'association de ce procédé avec une réaction de Fenton a conduit à une décoloration complète des margines et un abattement de 77 % de la DCO après une heure de traitement à 200 °C **(M.chakchouk, E.puech-costes, 1994)**.

3. Procédés physiques

3.1. Procédés thermique

➤ Evaporation naturelle

L'évaporation naturelle est tributaire des conditions climatiques. En effet, elle 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 **(A.Roiga., 1992)**.

Durant leur séjour dans les bassins d'évaporation, les margines subissent une autoépuration naturelle par une série de processus de fermentation aérobie et anaérobie. Les agents de cette biodégradation sont surtout des levures qui se trouvent à l'origine dans les olives.

Les travaux de **(L.Cabello, J.A. Fiestas Ros de Ursinos., 1981)** ont montré qu'au cours de ces processus, une série de modifications est observée. Elle se manifeste par :

- une faible variation des microorganismes dépendant de la température ambiante et de la profondeur des bassins,
- une diminution de la matière organique n'intervenant que pendant le premier mois du séjour,
- une légère modification du pH.

D'autres critères ont été signalés par **(V.Balice et al., 1986)**, notamment une diminution progressive de la quantité de matières organiques solubles, tels que les tannins. Par contre, la quantité des matières en suspension décroît rapidement durant les deux premiers mois du stockage. Cependant, il s'est avéré que ce système présente 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

La faible biodégradation dans les bassins est compensée par l'augmentation de la surface des bassins d'évaporation. Cette compensation est traduite par l'occupation de grandes surfaces de terrain qui sont relativement difficiles à aménager dans les zones peuplées. Ainsi, en essayant d'éviter une pollution hydrique, on risque d'entraîner une pollution atmosphérique par dégagement d'odeurs fétides **(M.Hamdi., 1993a)**.

➤ Evaporation forcée

Pour pallier les problèmes de l'évaporation naturelle, **(J.A. Fiestas Ros deUrsinos, R.Borja., 1992)** ont introduit des panneaux évaporateurs dans les bassins de stockage des margines. 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. Cette technique est basée sur la différence du potentiel hydrique entre les mailles des panneaux et l'eau. La déshydratation des margines est donc plus facile par arrosage sur un élément générateur de la surface exposé au vent.

Cette méthode a l'avantage d'utiliser une superficie réduite des bassins d'évaporation et permet de multiplier par 40 à 100 fois la quantité d'eau par m³ occupé du sol. Tandis que, les huiles et les graisses sont récupérées manuellement. Parmi les inconvénients de cette méthode, le dégagement de mauvaises odeurs et l'importance du coût d'énergie dépensée.

➤ Incinération

L'incinération est une technique coûteuse complexe et extrêmement gourmande en énergie. Elle paraît d'autant moins appropriée lorsque les margines sont composées à plus de 80% d'eau. Elle permet d'évaporer d'abord la phase aqueuse des margines et de brûler ensuite les matières organiques (**Yahiaoui, 2012**).

Procédés membranaires

➤ **Ultrafiltration**

Ce procédé repose sur la filtration à travers une membrane, permettant ainsi la rétention des macromolécules de masse moléculaire supérieure à 500g/mol. La séparation se fait sous l'effet d'un gradient de pression de 3 à 10 bars. Les tests d'ultrafiltration ont donné un liquide limpide, une réduction de la DCO et des solides en suspension présents dans les eaux (**Yahiaoui, 2012**).

L'ultrafiltration, comme une technique physique, permet de réduire considérablement les polluants contenus dans les margines avec DCO dans la plage de 94%. Toutefois, en raison des substances présentes dans le perméat restant, un traitement tertiaire est nécessaire (**Darouiche et al, 2003**).

➤ **Nano filtration**

Dans la dernière décennie, la nano-filtration (NF) membranes ont été de plus en plus mis en œuvre dans les processus de traitement de l'eau comme les eaux souterraines et les eaux de surface, le dessalement de l'eau saumâtre et l'eau de mer et de la décontamination des eaux usées de nature très diverse, y compris cokéfaction, station de lavage industries, du textile et de la tannerie, de pâtes et papiers, pharmaceutique et agro-alimentaire comme les produits laitiers, la tomate et l'huile d'olive, entre autres.

Ochando-Pulido et Stoller (2014) ont utilisé la théorie du flux limite pour modéliser la performance d'un nano filtration (NF) membrane dans le traitement des effluents issus du processus d'extraction de l'huile d'olive en deux phases, en particulier les margines et les eaux de lavage des olives. Les résultats obtenus à partir des expériences de pression cyclable présentent un motif de flux limite avec un très faible encrassement à long terme pour toutes les charges analysées. Enfin, les limites standards pour la réutilisation des effluents traités à des fins d'irrigation ont été atteints (DCO inférieure à 1500mg L⁻¹).

➤ **Osmose inverse**

L'osmose inverse permet de séparer une solution en deux phases: l'une concentrée et l'autre diluée sous une pression allant jusqu'à 80 bars. Des essais de traitement des margines ont été réalisés par cette technique, les résultats obtenus ont montré que celles-ci étaient limpides et incolores (**Ranalli. 1991a**).

Ces deux procédés (ultrafiltration et osmose inverse) permettent d'éliminer 100% de la DCO initiale. En revanche, ils nécessitent un prétraitement, une demande énergétique élevée, et une altération rapide des membranes utilisées (**Drouiche et al. 2004**).

CHAPITRE II : MATERIAUX ET **METHODES**

I. Présentation de la technique de séchage par évaporation forcée

Principe

Le principe utilisé est celui de la concentration des rayons par miroirs réfléchissants.

Les rayons solaires tombants sur les réflecteurs sont réfléchis à l'aide d'une série de petits miroirs réfléchissants latéraux intégrés dans la parabole puis envoyés vers le réflecteur secondaire qui se situe au foyer de la parabole pour les concentrer une deuxième fois sur la cible qu'on veut chauffer

Chaque matin, l'opérateur doit faire tourner le réflecteur de nouveau à une position de départ dans laquelle le faisceau réfléchi est aligné avec l'axe de rotation du réflecteur et lance le mécanisme de suivi du soleil le réflecteur tourne à une vitesse d'un tour par jour (15 degré par heure) tous les 3 à 5 jours l'opérateur doit ajuster l'angle entre l'axe de rotation et le réflecteur pour qu'il s'adapte avec la variation saisonnière de la hauteur du soleil.

L'axe autour duquel tourne la parabole durant la journée est orienté du nord au sud parallèlement à l'axe de rotation de la terre et passe par le centre de gravité du réflecteur.

Ainsi le réflecteur est toujours en équilibre. Il y'a plusieurs manière d'effectuer les suivis solaires : suivi mécanique et suivi électronique couplé avec un réglage saisonnier manuel, ou bien un suivi solaire complémentaire automatisé

Le point focal est situé sur l'axe de rotation (fig3) ce qui l'empêche de bouger lorsque le réflecteur tourne. L'écart entre le point focal et le centre du réflecteur dépend du choix de la forme de la parabole.

Durant la journée, la lumière concentrée tourne autour du foyer de la parabole sans pouvoir aller dans une autre direction. Le point focal reste donc identique, ce qui est évidemment très pratique car la zone qui reçoit la chaleur reste immobile

L'inclinaison des rayons solaires varie selon les saisons entre $-23,5^\circ$ et $+23,5^\circ$ par rapport à l'axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la terre. La parabole doit effectuer le même changement d'inclinaison afin de rester orienter face au soleil sinon il n'est plus possible d'obtenir un point focal précis et identique. Or le centre de gravité du réflecteur et le point focal ne peuvent absolument pas bouger. Ceci est seulement réalisable en réglant la parabole selon la saison voir par jour pour s'adapter au

changement de l'angle d'inclinaison du soleil ce qui induit un changement de forme du réflecteur

Le changement de l'inclinaison et la déformation du réflecteur sont mécaniquement combinés. La manière d'incliner le réflecteur conduit à un changement dans sa profondeur

L'ajustement de la forme du réflecteur doit être réalisé manuellement tous les 2 ou 3 jours, jusqu'à ce que la totalité des rayons concentrés passent par l'ouverture dans la zone de cuisson. La lumière est ensuite réfléchi sur le fond du bol en céramique zone d'évaporation partiellement par un petit réflecteur (deuxième réflecteur). Le fond absorbe la lumière, puis conduit la chaleur.



Figure 3 : La parabole scheffler pour l'évaporation forcée

II. Description de la parabole scheffler

La parabole solaire Scheffler a une surface de 10 m². Elle permet d'atteindre un rendement optiques de (75%-85%), avec une température maximum atteinte au point focal : 1020°C et elle est composée essentiellement par:

- ✓ Le miroir est constitué de petites sections latérales intégrées dans une plus grande parabole. Cette partie inclinée est à l'origine de la forme elliptique typique du réflecteur Scheffler. Les rayons solaires atteignant ces parties de

parabole, sont concentrés au point focal situé à l'extérieur de la parabole de là, ils convergent vers un foyer F pour produire de la chaleur nécessaire pour évaporer l'eau.

- ✓ L'axe autour duquel tourne la parabole durant la journée, est orienté du nord au sud parallèlement à l'axe de rotation de la Terre pour orienter les rayons solaires vers le réflecteur secondaire.
- ✓ Une **plaque photovoltaïque** fixée sur une barre en acier et un **moteur** qui permet à la parabole de suivre le rayonnement toute la journée pour maintenir le foyer fixe



Figure 4 : Les différents constituants de la parabole solaire Scheffler

III. Protocoles expérimentaux

Les méthodes d'évaporation des margines effectuées dans ce travail sont au nombre de trois (3) : l'évaporation forcée avec la parabole scheffler, l'évaporation naturelle, et l'évaporation avec un four électrique. Et pour cela nous avons utilisé un prototype (des bols en céramique) qu'on voit sur la figure ci-dessous de rayon $R=7.5\text{cm}$ et une surface $S=176.62\text{cm}^2$.



Figure 5 : Bol en céramique utilisé pour l'évaporation de la margine

➤ **Evaporation forcée par la parabole scheffler:**

- Mesurer l'acidité (pH) de l'échantillon de margines brute à l'aide d'un pH mètre ;
 - Prendre la tare du bol avec une balance ;
 - Mesurer 300ml de margine brute à l'aide d'une éprouvette ;
 - Mesurer la masse initiale de l'échantillon de 300ml ;
 - Effectuer un réglage de la parabole scheffler pour concentrer le maximum de rayon solaire au point focale (zone d'évaporation) ;
 - Noter l'heure du début de l'expérience et mettre le chronomètre pour 5min ;
 - Après 5min d'évaporation forcée, laisser refroidir, et après mesurer la masse finale de l'échantillon, le volume restant et le pH
- Effectuer les mêmes protocoles pour celui de 10min et 15min.

➤ **Evaporation naturelle :**

- Prendre la tare du bol utilisé ;
- Prendre 300ml d'un échantillon de margine brute a l'aide d'une éprouvette ;
- Mesurer la masse initiale de l'échantillon ;
- Expose l'échantillon au soleil ;
- Après chaque 1H, prendre l'échantillon le peser puis le remettre au soleil ;

Effectuer cette expérience jusqu'à évaporation totale de l'eau contenue dans ces margines indiqué par la stabilisation de la masse de l'échantillon

➤ **Evaporation par four électrique :**

- Prendre la tare du bol utilisé ;
- Prendre 300ml d'un échantillon de margines avec une éprouvette ;
- Mesurer la masse initiale de l'échantillon ;
- Mettre l'échantillon dans le four électrique à 105°C ;
- Après chaque 1H retiré l'échantillon du four et peser jusqu'à évaporation totale après 24h.

IV. Analyses physico-chimique :

Nature de l'échantillon :

La margines utilisée pour les analyses provient d'une unité de trituration traditionnelle dans une région au sud de Marrakech lors de la campagne agricole de 2016.

➤ **Teneur en humidité**

L'humidité résiduelle est la différence de la masse prise de l'échantillon de margine et la masse prise après séchage dans des conditions définies.

❖ **Principe**

Séchage à l'étuve pendant 24H à 105°C d'une masse donné de l'échantillon jusqu'à masse constante

❖ **Mode Opérateur**

Prendre 300ml de l'échantillon de margine à l'aide d'une éprouvette taré le bol en céramique utilisé mettre à l'étuve à 105°C pendant 24H et peser le poids de l'échantillon après refroidissement.

➤ **L'acidité**

❖ **Protocole expérimentale**

La mesure du pH est réalisée par un pH mètre : On place une quantité suffisante de margines à analyser dans un bécher et on mesure comme le montre la figure ci-dessous.



Figure 6 : Le pH-mètre

➤ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO), représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans les margines.

Cette valeur est obtenue en faisant réagir des échantillons de margines avec un oxydant puissant (le bichromate de potassium) et s'exprime en milligramme d'oxygène par litre.

La DCO représente quant à elle quasiment tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans les margines, par exemple les sels minéraux et les composés organiques.

Plus facile et plus rapidement mesurable, avec une meilleure reproductibilité que la voie biologique, la DCO est systématiquement utilisée pour caractériser un effluent.

❖ **Principe**

C'est une oxydation de la matière organique à chaud (150°C), pendant 2 heures par un excès d'un oxydant fort en milieu acide (Bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$), et en

présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) comme catalyseur, pour augmenter la vitesse de réaction et le sulfate de mercure (agent complexant des chlorures)

❖ **Matériel spécial :**

- Réacteur de minéralisation
- Tubes à essai bien lavés et abondamment rincés à l'eau
- Spectrophotomètre pour lire la densité optique (DO)

❖ **Réactifs :**

▪ **Solution Sulfurique :**

Sulfate d'argent : 1.0129g

Acide Sulfurique (H_2SO_4)

▪ **Solution de digestion :**

Acide Sulfurique : 16.7ml

Sulfate de Mercure : 3.33g

Chromate de potassium : 1.02g

Compléter le volume à : 100ml

❖ **Protocole expérimental:**

- ✓ Prise d'essai de 2 ml de l'échantillon.
- ✓ 3,5 ml de la solution sulfurique.
- ✓ 1,5 ml de la solution de digestion, une agitation jusqu'à dissolution.
- ✓ Porter à l'ébullition à 150°C pendant 2heures.
- ✓ Lire la densité optique à 620 nm.

➤ **Le Phosphore Totale (PT)**

❖ **Principe :**

Minéralisation à chaud d'une prise d'essai de l'échantillon en présence d'acide sulfurique et de persulfate de sodium.

❖ **Matériel Spécial :**

- Rampe de minéralisation
- Dispositif de chauffage
- Burette
- Matériels courant de laboratoire

❖ **Réactifs :**

En plus des réactifs du (dosage des ortho phosphates)

- Acide Sulfurique
- Persulfate de Sodium ($\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$), solution 500g/L

❖ **Mode opératoire :**

▪ **Minéralisation :**

- ✓ Prise d'Essai : 5ml
- ✓ Acide sulfurique : 0.5ml
- ✓ Persulfate de sodium : Une pincée
- ✓ Agiter les tubes a visses et les mettre dans le Réacteur.
- ✓ Chauffer à 200°C pendant 2H puis laisser refroidir
- ✓ Régler le pH de l'échantillon à : (1,5-2,5) avec NaOH(3N) et compléter le volume a 50ml.

▪ **Dosage :**

- ✓ Prise d'Essai : 10ml
- ✓ Acide Ascorbique : 0,5ml
- ✓ Réactifs combine : 2ml et agiter les tubes
- ✓ Attendre : 30min et lire la D.O à 700nm.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Teneur en humidité :

La teneur en humidité de **300ml** de margines dans le four électrique pendant **24H** à **105°C**.

Les résultats sont dans le tableau ci-dessous

Masse initiale	Masse finale
308,77g	37,99g

Tableau 4 : Résultats de l'expérience à l'étuve à 105°C

Calcul :

L'humidité résiduelle exprimée en pourcentage de l'échantillon de margine préparé pour analyse est égale à :

$$H = \frac{p_0 - p_1}{p_0} * 100$$

p₀: est la masse, en grammes, de la prise d'essai avant séchage.

p₁: est la masse, en grammes, de la prise d'essai après séchage

$$H = \frac{308,77 - 37,99}{308,77} * 100$$

$$H = 87\%$$

Donc l'échantillon de margine contient **87%** d'eau

D'où la **siccité** est : 100%-87%=13%

Donc **13% de matières sèches** dans la margine.

2. Evaporation naturelle

L'expérience d'évaporation naturelle des margines a été réalisé le 4 juin 2018 à 10h jusqu'au 6 juin 2018 à 15h30 dans le but de faire une évaporation totale de l'eau contenu dans la margine utilisée.



Avantexposition au

soleil

53h après

Figure 7 : Expérience d'évaporation naturelle

Remarque : Présence d'une couche d'huile 53h après évaporation totale de l'eau qui empêche l'action des rayons solaires.

Les résultats des expériences obtenus sont dans le tableau ci-dessous

TEMPS(Heure)	MASSE FINALE(g)
0	309,14
1	294,23
2	274,21
3	250,91
4	227,83
5	205,72
6	185,51
23	121,78
27	67,25
28	61,21
29	56,9
47	51,21
48	50,22
49	49,39
50	48,49
51	47,5
52	46,43
53	45,93

Tableau 5 : Résultats de la masse en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

A partir du tableau ci-dessus on obtient la courbe suivante de la masse en fonction du temps

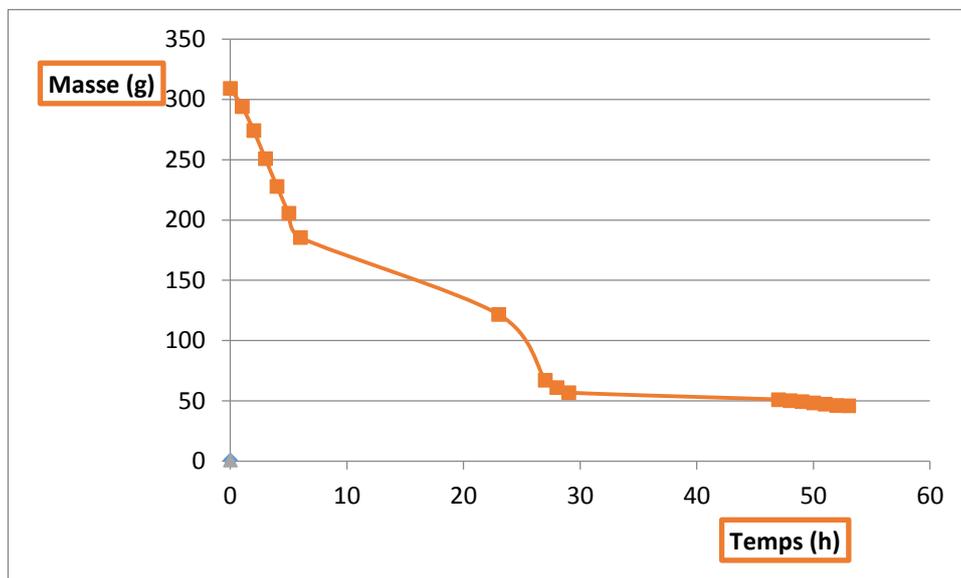


Figure 8: Diminution de la masse en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

La vitesse de séchage est très importante pour les premières 10h exposée au soleil qui correspond à l'évaporation pendant la journée et la masse se stabilise après 48h

Le tableau ci-après est celui de l'abattement en pourcentage

TEMPS(h)	Abattement (%)
1heure	5%
2heures	11%
3heures	19%
4heures	26%
5heures	33%
6heures	40%
23heures	61%
27heures	78%
28heures	80%
29heures	82%
47heures	83%
48heures	84%
49heures	84%
50heures	84%

51heures	85%
52heures	85%
53heures	85%

Tableau 6 : Résultats du pourcentage d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

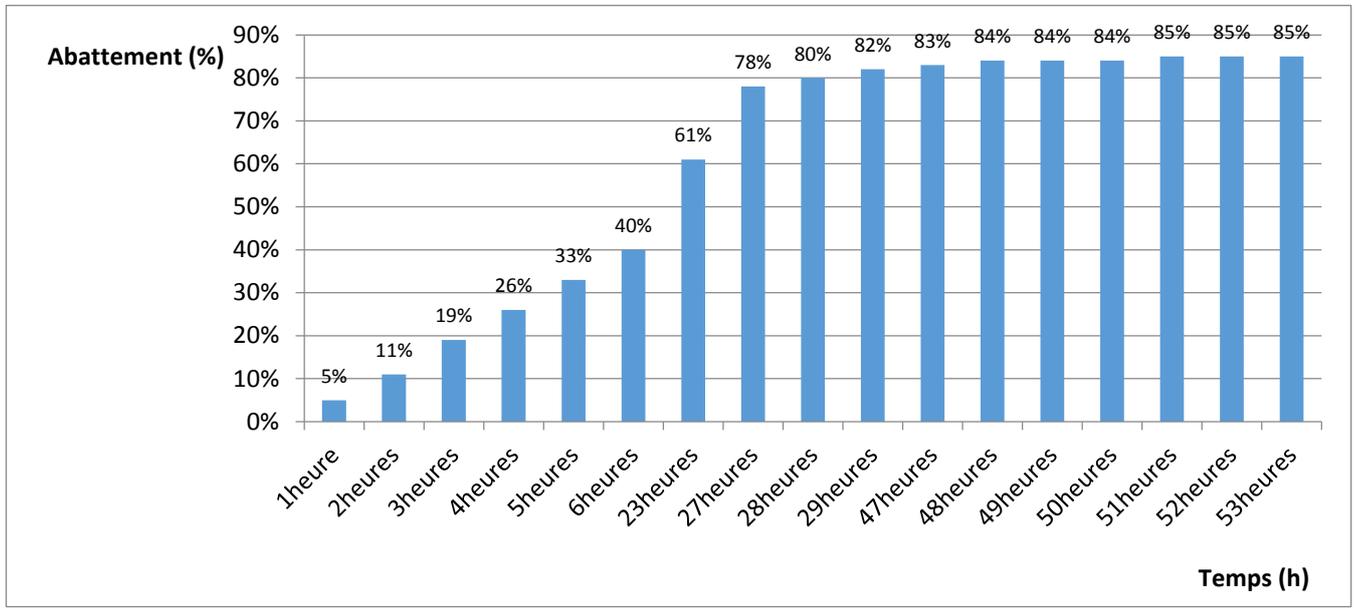


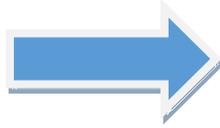
Figure 9 : Pourcentage d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation naturelle

Analyse du résultat :

On constate que la grande quantité d'eau évaporée est réalisée pendant les premières 24h plus de 60% de la masse alors qu'on a seulement 15% pour les 29h suivantes

3. Evaporation forcée par four électrique

L'expérience a été réalisé le 11juin 2018 à 10h jusqu'au 12juin 2018 à 10h (24h) ci-dessous la figure montrant la quantité d'eau évaporée



Avant de mettre au four

24h après

Figure 10 : Expérience du four électrique

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant

temps(h)	masse(g)
0	311,07
1	289,05
2	262,94
3	232,29
4	202,02
5	173,52
23	38,3
24	38,24

Tableau 7 : Résultats de la masse et du temps pour évaporation au four électrique

Ci-dessous la courbe correspondante à l'évolution de la masse en fonction du temps

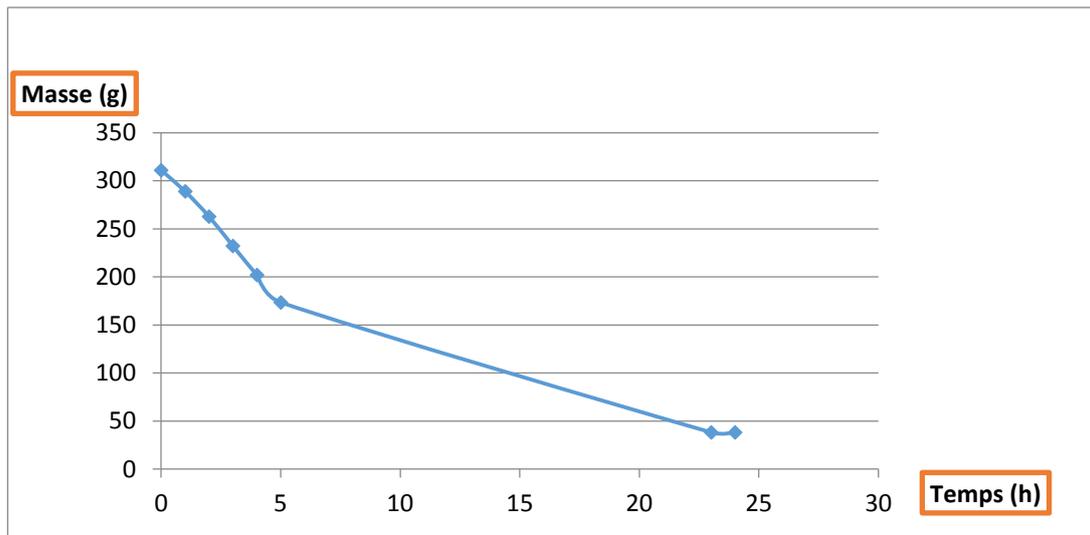


Figure 11 : Diminution de la masse en fonction du temps pour four électrique

Analyse du résultat

La vitesse d'évaporation est très importante pendant la période des **23h** où il y'a une grande quantité d'eau évaporée mais à partir de **24h** il n'y'a plus d'eau la courbe se stabilise car la masse devient constante.

temps(h)	abattement(%)
1heure	7%
2heures	15%
3heures	25%
4heures	35%
5heures	44%
23heures	87%
24heures	87,70%

Tableau 8 : Résultats du pourcentage d'abattement en fonction du temps pour le four électrique

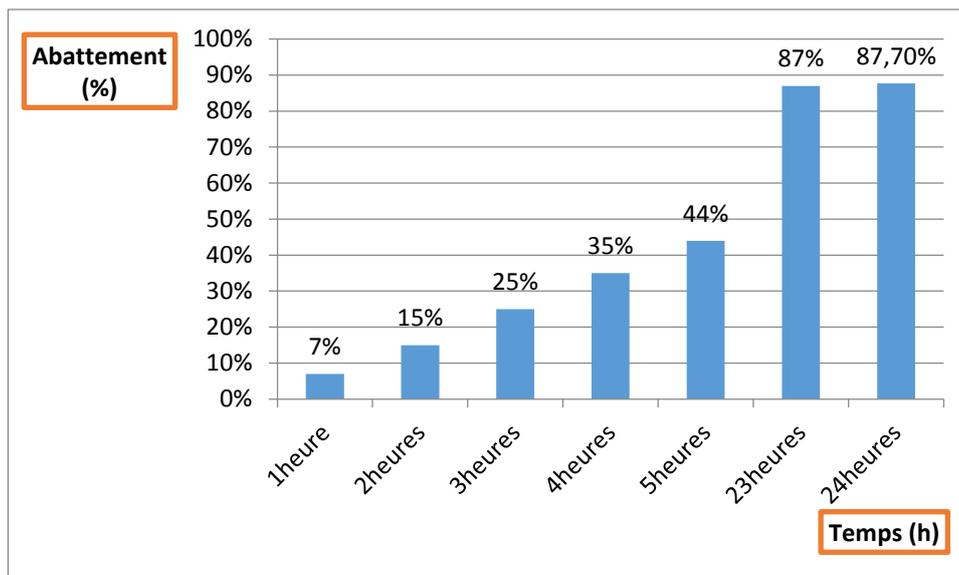


Figure 12 : Pourcentage d'abattement en fonction du temps pour le four électrique.

Analyse du résultat :

On constate une grande variation du taux d'abattement évapore de **87%** durant **23h** période pendant laquelle il y avait de l'eau à partir de **24h** elle se stabilise car il n'y'a plus d'eau

4. Evaporation forcée par la parabole scheffler

- L'expérience d'évaporation forcée de 300ml de margines brute jusqu'à totale évaporation de la quantité d'eau.

Temps	Masse Avant	Masse Finale	Taux d'Abattement	Date de l'expérience	Heure de Début	Météo
30min	313.98	24.08	92%	30/05/2018	11H45	23,4°C
19min	311,05	40.49	87%	01/06/2018	11H55	24,4°C
15min	312 ,05	26,44	91%	06/06/2018	12H31	24,9°C
20min	309,13	23.13	92%	31/05/2018	11H30	24,2°C

Tableau 9 : Résultat obtenu à différents temps d'exposition

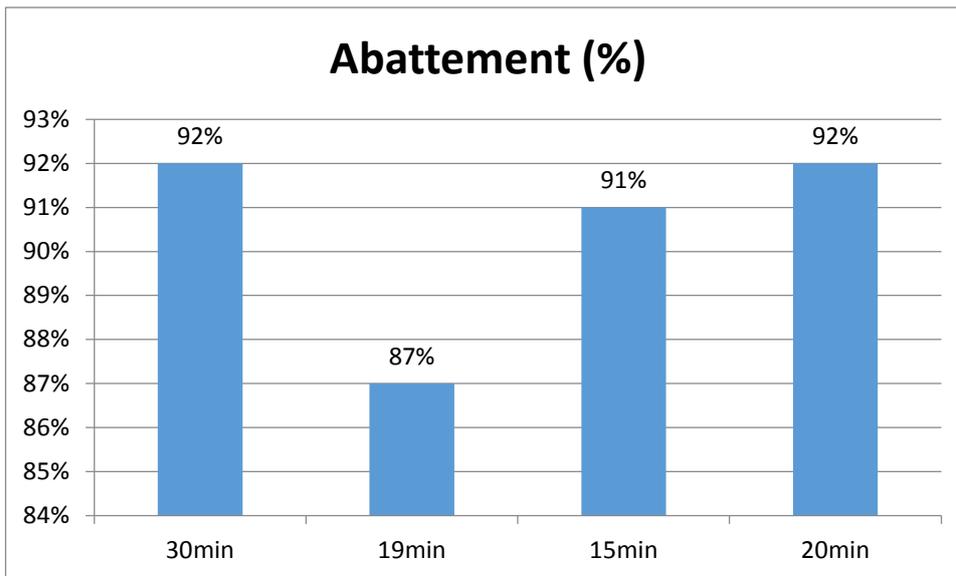


Figure 13 : Pourcentage de quantité d'eau évaporé

Analyse du résultat

A **15mn** d'évaporation forcée avec la parabole, on a un taux d'abattement de la masse de **91%** avec une moyenne de température de **24,9°C** entre 12h et 13h (heure de l'expérience du jour) le taux d'abattement est élevé avec un fort ensoleillement.

A **19mn** d'évaporation forcée avec la parabole un taux d'abattement de 87% avec une moyenne de température de **24,4°C** entre 11h et 12h (heure de l'expérience) le taux d'évaporation est inférieur à celui de 15mn malgré le temps d'évaporation plus court.

A **30min** d'évaporation forcée avec la parabole, avec un taux d'abattement de **92%** avec une moyenne de température de **23,4°C** entre 11H et 12H (heure de l'expérience) le taux élève qui est du à la durée d'exposition.

- L'expérience d'évaporation forcée réalisée à la date du 06 juin 2018 pour 300ml de margine prélevé aux temps suivants : 5min, 10min, 15min pour suivre l'évolution en fonction du temps.



Figure 14: Echantillons de margines après traitement solaire

4.1. Suivi en fonction du temps

❖ Masse d'abattement

Les résultats sont représentés dans les tableaux ci dessous

Temps(mn)	Masse finale(g)
5	250,7
10	126,55
15	26,44

Tableau 10 : résultat de la masse finale en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

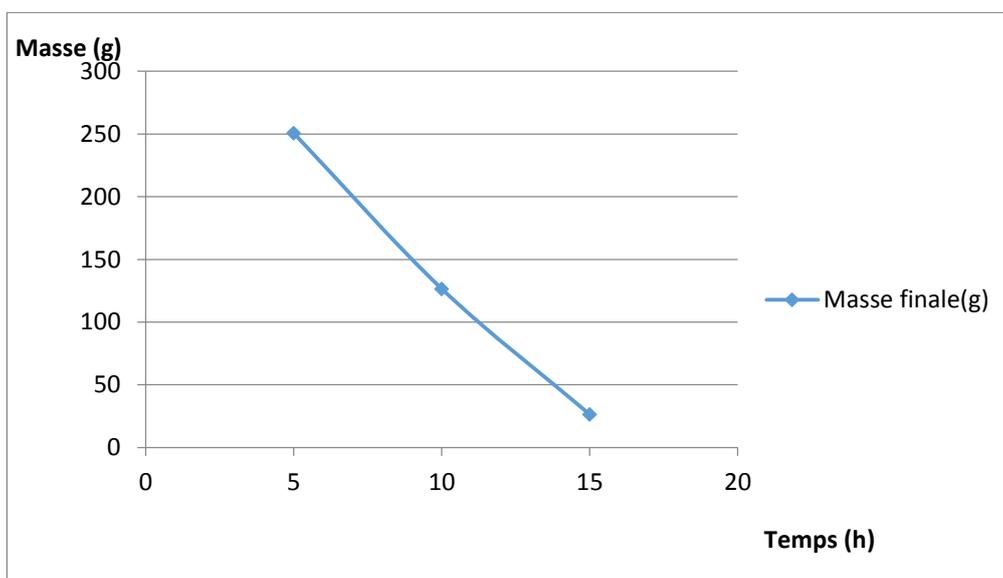


Figure 15 : diminution de la masse en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Analyse du résultat :

On constate une diminution de la masse finale de l'échantillon par rapport à la masse initial à différents temps d'exposition (5min, 10min, 15min)

Temps(mn)	Abattement(%)
5mn	20%
10mn	60%
15mn	92%

Tableau 11 : Résultats de l'abattement en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

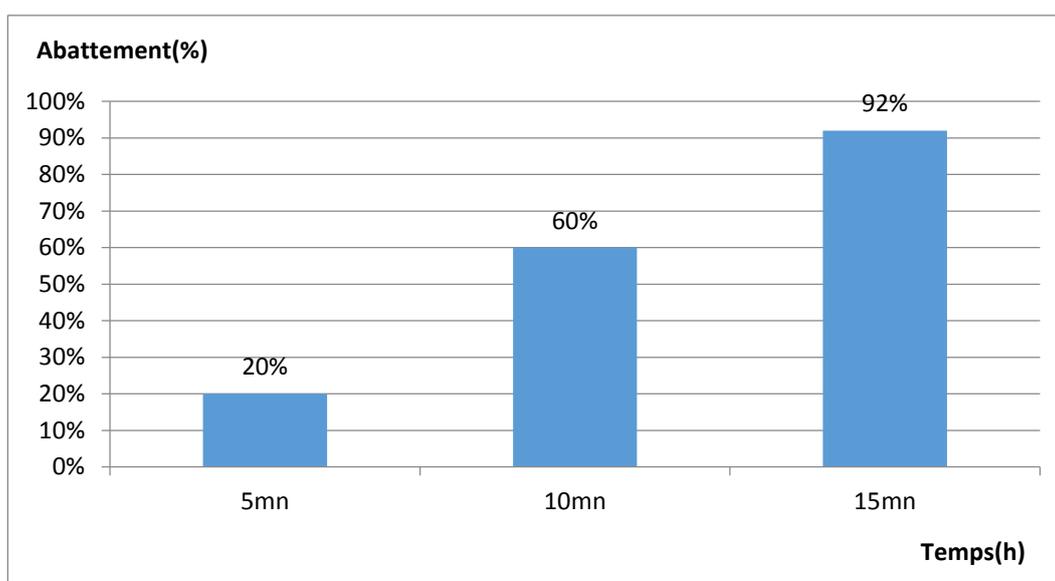


Figure 16: Pourcentage d'abattement de la masse en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Analyse du résultat :

On observe **20%** de réduction de la masse après **5min** d'évaporation forcée avec la parabole et **60%** de réduction de la masse à **10min** et **92%** de réduction de la masse à **15min** par rapport à la masse initiale

❖ **Volume d'abattement**

temps (mn)	volume (ml)
0	300
5	230
10	110
15	25,4

Tableau 12 : Résultats du volume en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

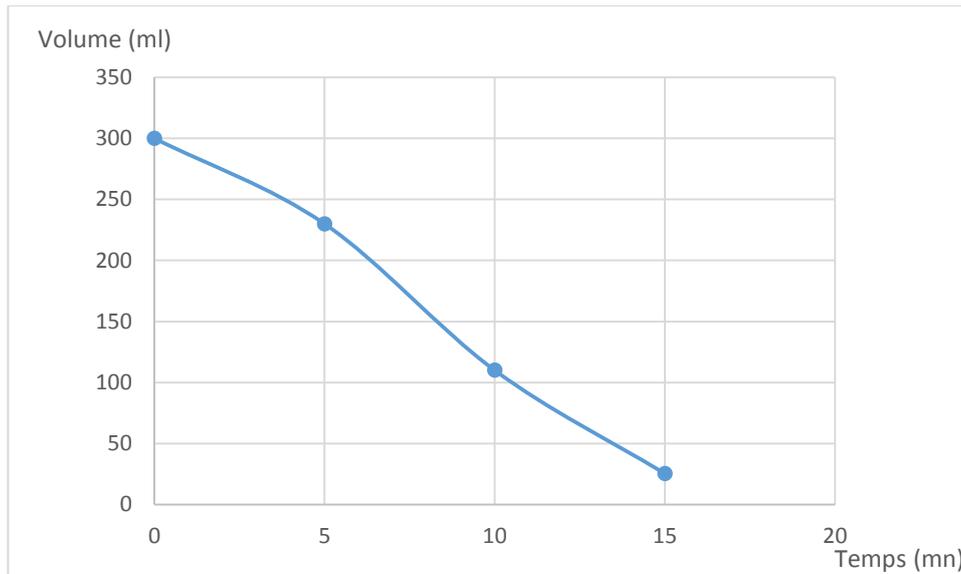


Figure 17: Diminution du volume en fonction temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

Analyse du résultat :

On a une diminution du volume initial de l'échantillon par rapport au volume finale après différents temps d'évaporation forcée avec la parabole solaire

Temps	Abattement(%)
5min	23%
10min	63%
15min	91%

Tableau 13 : Résultat d'abattement en fonction du temps pour l'évaporation forcée par la parabole solaire

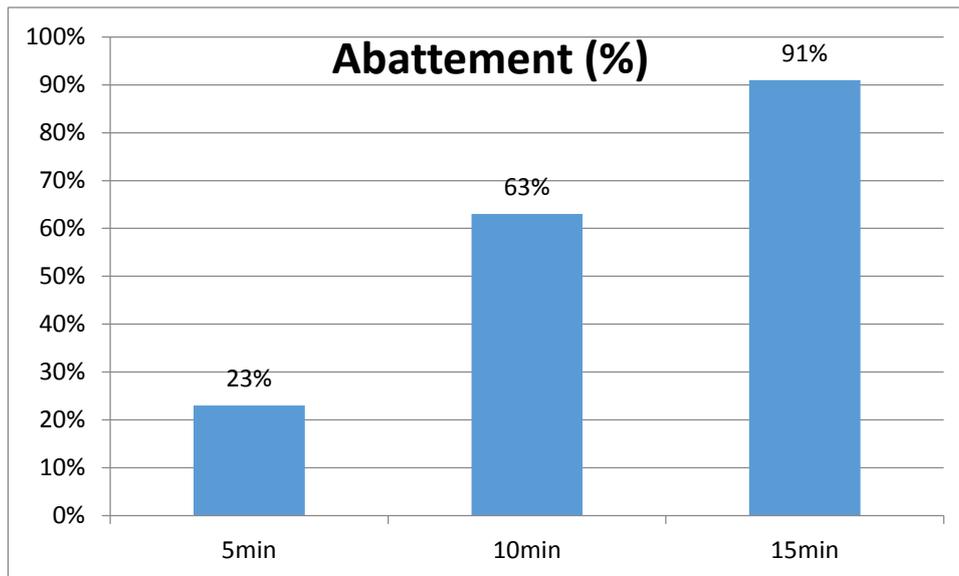


Figure 18: Pourcentage du volume d'abattement en fonction du temps l'évaporation forcée par la parabole solaire

Analyse du résultat

A **5min** d'évaporation forcée on constate **23%** du volume d'eau évaporé par rapport au volume initiale et **63%** du volume d'eau évaporé après **10min** et **91%** du volume d'eau évaporé à **15min** par rapport au volume initiale

4.2. Suivi des paramètres physico-chimiques en fonction du temps

❖ L'acidité (pH)

	Brute	5min	10min
pH	5	4,7	4

Tableau 14 : Résultats des valeurs de pH

On a une diminution du pH en fonction du temps

❖ Demande chimique en oxygène (DCO)

	Brute	5min	10min
Moyenne (D.O)	0,2	0,19	0,35
DCO (g d'O2/L)	130	123	228
DCO (g)	39	28,31	25,08

Tableau 15 : Résultats de la DCO à différents temps

Calcul :

$$\text{DCO (g d'O}_2\text{/L)} = \text{D.O} * k * F$$

D.O : Densité Optique

K : pente de DCO égale à 2606

F : Facteur de dilution égale à 250

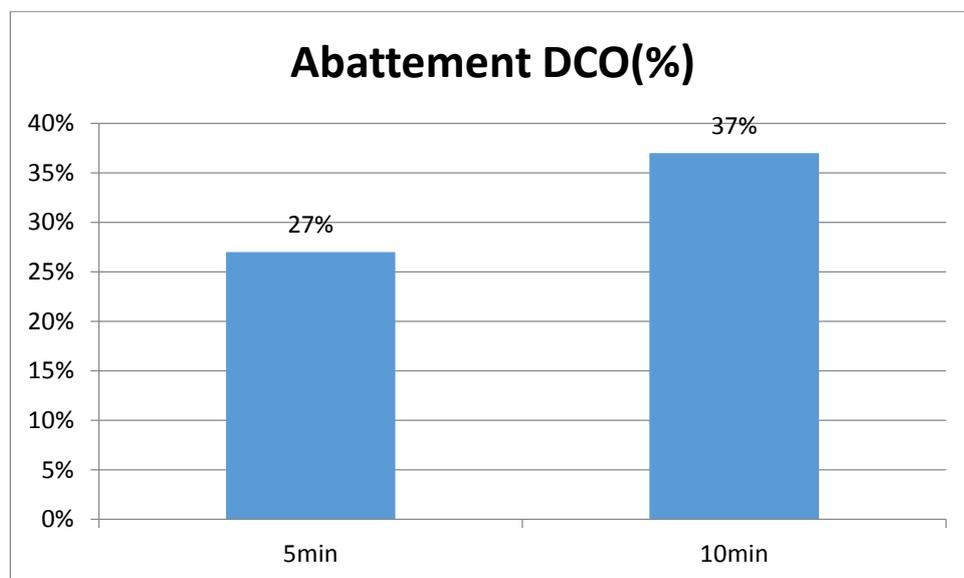


Figure 19 : Pourcentage d'abattement de la DCO en fonction du temps

Analyse du résultat :

A **5min** d'évaporation forcée avec la parabole, on a obtenu une réduction de **27%** de la Demande Chimique en Oxygène (**DCO**) et une réduction de **37%** à **10min** par rapport à la marge brute.

❖ **Le Phosphore Totale**

	Brute	5min	10min
Moyenne D.O	1,734	1,7255	1,252
PT (mg de P/L)	228,88	227,76	165,26
PT (mg)	68,66	52,38	18,17

Tableau 16 : Résultats du phosphore total à différent temps

Calcul :

$$PT \text{ (mg de P/L)} = D.O * k * F$$

D.O : Densité Optique

K : pente de phosphore totale égale à **13.2**

F : Facteur de dilution **10**

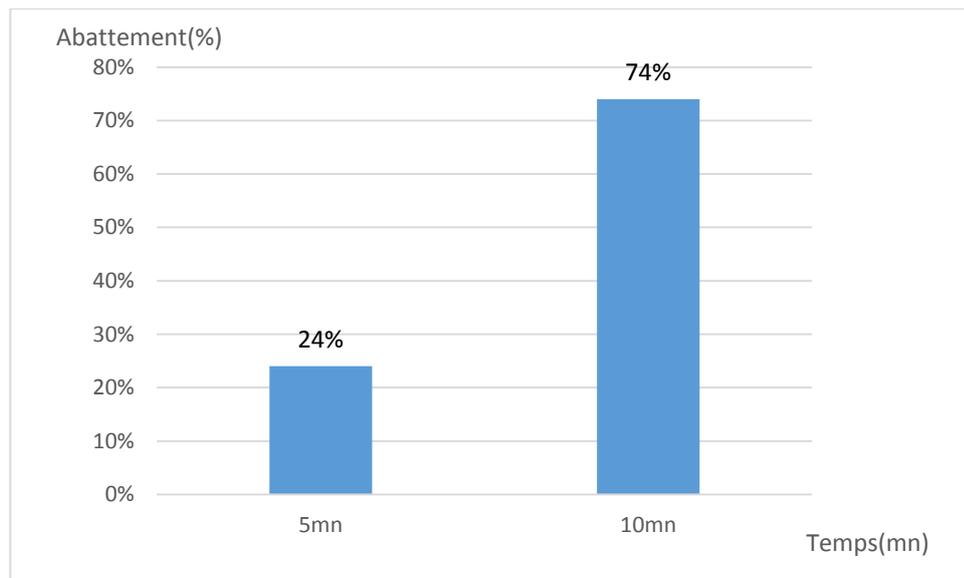


Figure 20 : Pourcentage d'abattement du PT en fonction du temps

Analyse du résultat

A **5min** d'évaporation forcée avec la parabole, on a obtenu une réduction de **24%** du phosphore totale et une réduction de **74%** à **10min** par rapport à la marge brute.

4.3. Matières Sèches

❖ Le Carbone Organique Totale (COT)

- ✓ Peser 0,1g de l'échantillon solide

- ✓ Ajouter 10ml de Bichromate de Potassium (K₂CrO₄)
- ✓ Ajouter 5ml d'acide sulfurique
- ✓ Agiter pendant 1 minute
- ✓ Laisser 30mn Stoppée la réaction par l'ajout 100ml d'eau distillée
- ✓ Apres 1H de décantation
- ✓ Prélever 25ml de la solution obtenue
- ✓ Ajouter quelques gouttes de Diphénylamine agiter et titrer par le persulfate de fer et d'ammonium (Sel de Mohr)

Calcul :

$$\%COT = \frac{0,615}{PE} * (Vt - Ve)$$

Vt : Volume Témoin 5,7

Ve : Volume équivalence 5ml

PE : Poids de l'échantillon

A partir du Pourcentage de Carbone Organique totale (**COT**) on peut le pourcentage de Matières Organiques (**M.O**) par la relation suivante.

$$\% MO = \% COT * 1.724$$

Résultats :

%COT=4,78

%M.O=7

Analyse du résultat : le pourcentage de matière organique (M.O) obtenu %M.O=7 ce qui est un résultat satisfaisant, le taux élèves de matières organique des sols observés entre 5 à 8% (**Blandine 2013**)

5. Synthèse des résultats de comparaison entre les trois techniques d'évaporation

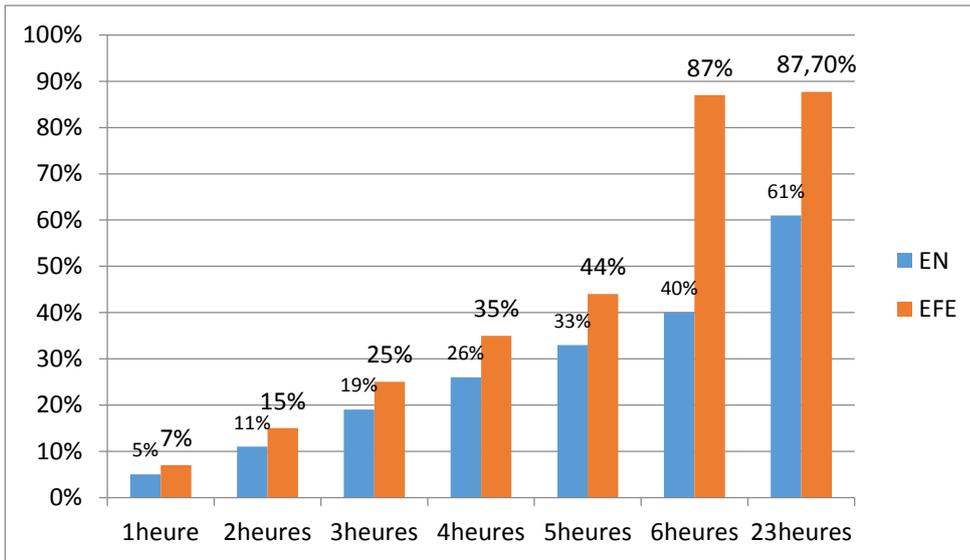


Figure 21 : Résultat du pourcentage d'abattement de l'évaporation naturelle et l'évaporation au four électrique.

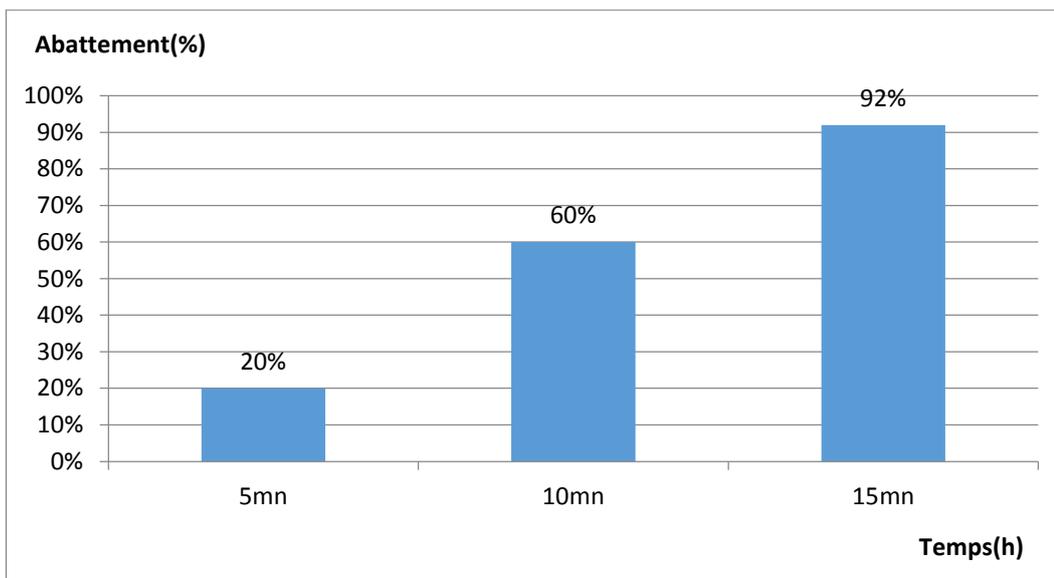


Figure 16 : Taux d'abattement évaporation forcée avec la parable

Comparaison

Le taux d'évaporation au four électrique pendant la période de 24H est beaucoup plus importante par rapport à celui de l'évaporation naturelle pendant 24H d'exposition au soleil.

Pendant 24H au four électrique, on était à totale évaporation de la quantité d'eau 87%, tandis qu'on était à 61% d'évaporation pour celle naturelle.

Donc le temps d'évaporation au four électrique multiplie par 2 celle de l'évaporation naturelle.

L'évaporation forcée avec la parabole est beaucoup plus importante par rapport à celle naturelle et le four électrique.

La vitesse d'évaporation forcée avec la parabole jusqu'à totale évaporation de l'eau est 100 fois supérieure à celui du four électrique et 212 fois supérieur à celui naturelle.

CONCLUSION

L'ensemble des expériences effectuées tout au long du stage nous a permis de voir une diminution de la masse et de voir quel pourcentage d'eau a été évaporé mais aussi d'avoir une diminution de la DCO et du PT.

Les trois techniques d'évaporation utilisées : l'évaporation naturelle, l'évaporation par le four électrique et l'évaporation forcée par la parabole, permettent toute de faire évaporer l'eau contenue dans la margine utilisée, la seule différence est que l'évaporation par la parabole scheffler est plus rapide que les deux autres avec une vitesse 100 fois supérieur à celui du four électrique et 212 fois supérieur à celle naturelle.

On peut conclure que la capacité de l'énergie solaire en utilisant la parabole scheffler nous a permis de traiter la margine en faisant évaporer la forte teneur en eau et de réduire la Demande chimique en oxygène **DCO (34%)** et le phosphore totale **PT (74%)** par rapport à celle initiale et d'avoir une matière sèche après évaporation totale de l'eau pour une valorisation.

PERSPECTIVES

- Utilisé un bol en céramique avec une surface beaucoup plus grande pour faciliter l'évaporation
- Utilise une parabole de plus grande surface grande
- Développer ce système d'évaporation forcée avec la parabole solaire de type sheffler pour avoir beaucoup plus de matières sèches issues de ces margines pour une plus grande valorisation en agriculture.

Références bibliographiques

- **A.Annaki, M.Chaouch, M.Rafiq** ; Elimination des margines par évaporation naturelle. L'eau, L'industrie, Les nuisances: 1, (1999a), 99-107.
- **A.Dias Albino, M.Bezerra, P.A.Nazare**; Activity and elution profile of laccase during biological decolorization and dephenolization of olive mill waste water. Bioresource Technology. 92 (2004), 7-13.
- **A.Maricot, J.P.Tournier** ; répercutions agronomique de l'épandage d'effluents et déchets a moulins d'huile d'olive ; Agronomie : 6 (1986) 235-241
- **A.Martin, R.Borja, I.Garcia, J.A.Fiestas**; Kinetics of methane production from olive mill wastewater. Process. Biochem: 26 (1991), 101-107.
- **A.Roiga, M.L.Cayuela, M.A.Sanchez-Monedero**; An overview on olive mill wastes and their valorisation methods, Waste Management 26 (2006), 960-969
- **Achkari-Begdouri A. (1994)** Problématique des margines produites par les huileries et possibilités de valorisation et de traitement. Rapport destiné à la cellule d'études d'impact sur l'environnement, Ministère de l'intérieur, Royaume du Maroc.
- **B. Samia 2012** ; margines 4 du 27 Janvier 2012
- **B.El Alami**; Contribution à l'étude de l'activité anti-oxydante de la fraction phénolique des margines. Mémoire de 3ème cycle ; institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. 93, (2000).
- **B.Lutwin, J.A.Fiestas Ros De Ursinos, K.Geissen, M.Kachouri , E.Klimm ,G.DeLadore Monpezat ,D.Xanthoulis** ; Les expériences méditerranéennes dans le traitement et l'élimination des eaux

résiduaire des huileries d'olives, Editions (GTZ) GmbH, Eschborn. République Fédérale d'Allemagne (1996).

- **B.Zenjari, M.Hafidi, I.ElHadrami, J.R.Bailly, A.Nejmeddine** ; Traitement aérobie des effluents d'huilerie par les micro-organismes du sol. *Agrochimica*. XLIII, (1999), 34-43.
- **Blandine lemercier**, Agrocampousouest, UMR SAS, sols de Bretagne, Dossier du 15 Novembre 2013, 13p. (Site internet : <http://www.Granit-Environnement.com>)
- **Chimi H. (1997)** Sous produits de la transformation des olives: possibilités de valorisation et de traitement des margines. Cours international sur l'amélioration de la qualité de l'huile d'olive. 30-11
- **Cossu R., Blakey N., Cannas P., 1993**. Influence of co-disposal of municipal solid waste and olive vegetation water on anaerobic digestion of sanitary landfill. *Water Sciences Technology*. 27: 261-271.
- **Cossu R., Haarstad K., Lavagnolo M. C. et Littarru P., 2001**. Removal of municipal solid waste COD and NH₄-N by phyto-reduction: A laboratory-scale comparison of terrestrial and aquatic species at different organic loads. *Ecological Engineering*. 16:459-470.
- **Darouche M, LeMignot V, Lounici H, Belhocine D, Grib H, Pauss A et Mameri N (2003)**. A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining of and UV/H₂O₂ Techniques. *Desalination* 169, 81-88.
- **Di-Giovacchino L. (1996)** L'influence des systèmes d'extraction, sur la qualité de l'huile d'olive, *Olivea*, 63, 52-63.
- **Drouiche M, le Mignot V, Lounici H, Belhocine D, Grib H, Pauss A et Mameri N (2004)** A compact process for treatment of olive mill wastewater by combining of and UV/H₂O₂ Techniques. *Desalination* 169, 81-88
- **F.J.Benitez, J.Beltran-Heredia, J.Torregrosa, L.J.Acero**; Treatment of wastewater from olive oil mills by UV radiation and by combined ozone-UV radiation; *Toxicological and environmental Chemistry*: 61 (1996), 173-185.
- **F.j.Rivas, Beltran F.j.Gileno O., Frades J.**, Treatment of oil mill wastewater by Fenton's reagent. *J.Agric. Food Chem* : 49 (2001), 1873-1880.
- **Faostat (2001)** Base de Données Agricoles FAOSTAT-FAO
- **Fideli et Camurati, 1981; Paredes, 1999**, le acque di vegetazione della lavorazione delle olive: tecnologia e l'economia di recupero di sottoprodotti, *ital, Sostanze Grasse*, 61, 283-292.
- **Fiesta Ros de Ursinos J.A. (1981)** Différentes utilisations des margines. Actes du Séminaire International sur la valorisation des sous produits de l'olivier. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). 93-110. Tunisie
- **Fiestas J.A. et Borja R., 1992**. Use and treatment of olive mill wastewater: Current situation and prospects in Spain. *Grasas y Aceites*. 43: 101-106.
- **Fiestas Ros de Ursinos J.A. (1981)** Différentes utilisations des margines. Actes du Séminaire International sur la valorisation des sous produits de l'olivier. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). 93-110. Tunisie.
- **Fiorentino A., A. Gentili, M. Isidori, P. Monaco, A. Nardelli, A. Panella et T. Fabio (2003)**. Environmental effects caused by olive mill waste waters: Toxicity comparison of low-molecular-weight phenol compounds. *J. Agr. Food Chem.*, 51, 1005-1009.

- **GinosA.ManiosTetMantzavinosD.(2006).**Treatment of olive mill effluents by coagulation-flocculation hydrogen peroxide oxidation and effect on phytotoxicity. Journal of Hazardous of Materials. 133 , 135-142.
- **GRANIT**, traitement des margines par électrocoagulation bio méthanisation.
- **H.Elhajjouji, N.Fakharedine, G.AitBaddi, P.Winterton, J.R.Bailly, J.C.Revel, M.Hafidi;** Treatment of olive mill waste-water by aerobic biodegradation, An analytical study using gel permeation chromatography, ultraviolet-visible and Fourier transform infrared spectroscopy. Bioresource Technology, 98 (2007), 3513-3520.
- **Hamdi M.et Ellouz P.(1993).**Treatment of detoxified olive mill wastewater's by anaerobic filter and aerobic fluidized bed processes. Environ. Technol.14, 183-188.
- **I.W.Koster, A.Cramer;** Inhibition of methanogenesis from acetate in granular sludge by long-chain fatty acids. Appl. Environ. Microbiol: 53 (2000), 403-409.
- **J.A. Fiestas Ros de Ursinos, R.Borja ;**Use and treatment of olive mill wastewater :Current situation and prospects in Spain. Grasas y Aceites, 2 (1992), 101-106.
- **J.A.Fiestas Ros de Ursinos ;** différentes utilisations des margines. Actes du séminaire international sur la valorisation des sous produits de l'olivier. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) Tunisie (1981), 93-110
- **L.Cabello, J.A. Fiestas Ros de Ursinos ;** Différentes utilisations des margines. Séminaire international sur la valorisation des sous-produits de l'olivier. FAO, Tunis. Tunisie (1981).
- **L.DiGiovacchino ,C.Basti , N.constatini ; Surrichio ; M.Ferrante , D.Lombardi ;** effet de l'épandage des eaux de végétation des olives sur des sols complantés de maïs et de vigne ; sciences et technique ; olive : 91(2002) , 37-43.
- **Léger, 1999,** CL, Co-produits de l'huile d'olive, les composés phénoliques et leurs propriétés biologiques OCL, 1999, 6,60-63.
- **M.Chakchouk, E.puech-costes, J.N.Foussard, H.Debellefontaine;**Wet air oxidation of organic pollutants using molecular oxygen; determination of the operating parameters for the optimum promoting effect of hydrogen peroxide and ferrous salts, Revue des sciences de l'eau 7 (1994) ,405-425.
- **M.Hamdi ;** Future prospects and constraints of olive mill waste waters use and treatment : A. Review. Bioprocess Engineering, 8 (1993a), 209-214.
- **M.Hamdi ;** Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive ; Thèse de l'université de Provence. Marseille, France (1991a).
- **M.Hamidi, P.Ellouz;** Treatment of detoxified olive mill wastewater's by anaerobic filter and aerobic fluidized bed processes. Environ. Technol., 14 (1993), 183-188.
- **M.Mebirouk ;** rejet des huileries, développement d'un procédé intègre pour la biodegradation des poly phénols dans les margines : CMPP News : 11, (2002).
- **M.Mouncif, S.Tamoh, M.Faid, A.Achkari-Begdouri, K.L'Hadi ;** Biotechnological valorization and treatment of olive mill waste waters by selected yeast strains. Grasas y aceites. 44 (1995), 335-338.

- **M.S.Fountoulakis, S.N.Dokianakis, M.E.Kornaros, G.G.Aggelis, G.Lyberatos;** Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotusostreatus*. *Water Res.*, 36 (19) (2002), 4735-44.
- **Nefzaoui A. (1987)** Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits. Séminaire sur l'économie de l'olivier. Tunis.
- **Ochando-Pulido J.M., Stoller M., Di Palma L., Martinez-Ferez A. (2014).** Thres hold performance of a spiral-wound reverse osmosis membrane in the treatment of olive mill effluents from two-phase and three-phase extraction processes, *Chemical Engineering and Processing : Process Intensification*, 83, 64-70
- **P.canizares, J.Lobato, R.Paz, M.A. SaezC.Roddigo;** Advanced oxidation processes for the treatment of olive-oil mills wastewater; *Chemosphere*: 67 (2007), 832–838.
- **Paredes et al, 1999; Sieria et al, 2001; Gereti et al, 2004,** influence of bulking agent on the degradation of olive mill waste water gludge during composting" international biodeterioration & biodegradation, 205-210, 1996.
- **R.A.Vazquez ;** les poly phénols de l'huile d'olive et leur influence sur les caractéristiques de l'huile ; *revue française des corps gras*, 25 (1974), 21-26.
- **R.Borja, C.J.Banks, J.Alba;** A simplified method for determination of kinetic parameters to describe the aerobic biodegradation of two important phenolic constituents of olive mill wastewater treatment by a heterogeneous microbial culture. *Eniro, Sci. Health., A.*, 30 (3) (1995a), 607-626.
- **RANNALI A. (1991a)** l'effluent des huilleries d'olive : proposition en vue de son épuration références aux normes italiennes en matières premières. troisième partie, *Olivae* , 37 , 30-39
- **Roberto Andreozzi ,Vicenzo Caprio , Amedeo Insola, Rafaella Marotta;** Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery ; *catalysis Today* : 53 (1999) , 51-59.
- **Rosario L., Ana R., Bernardo M., Gerardo A.C. ET Antonio G., 1999.** Biodegradation of olive mill wastewaters (OMW) by strains of *Scopulariopsis* spp. isolated from OMW-contaminated habitats. *Toxicology and Environmental Chemistry*. 72: 127-134.
- **S.Sayadi, F.Zorgani, R.Ellouz;** Decolorization of olive mill waste waters by free and immobilized *Phanerochaetechrysosporium* cultures. *Applied Biochemistry and Biotechnology*: 3 (1996), 265-276.

- **Salvameni F.(1985)** composizione chimica e valutazione biologica di mangine ottenute essiccate e tericamente le acque di vegetazione delle olive .rive .delle sostanze grasse 112 , 559-564
- Sarika R ,Kalogerakis N et Mantzavinos D.(2005)** Treatment of olive mill effluents : Part II. complete removal of solids by direct flocculation with poly electrolytes . Environ, Int 31 , 297-304.
- **SAYADI S., R. ELLOUZ (1996)**. Roles of lignin peroxidase and manganese peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium* in the decolorization of olive mill wastewaters, Appl. Environ. Microb. 61, 1098-1103.
- **Scandiaconsult** ; projet de gestion de l'environnement, Etude institutionnelle Juridique de la pollution, rapport de consultant préparé par le groupement SWEEPSCANDIACONSULT, Suède Commandite par la Banque Mondiale. (1992).
- **T.jardak** ; le secteur oléicole en Tunisie : potentiel ; contraintes et perspectives ; the olive oil wastes remediation symposium Sfax, Tunisia **(1999). 46-51.**
- **V.Balice, C.Carrieri, O.Cera, B.Rindone**; the fate of tannin-like compounds from olive mill effluents in biological treatment. In: Hall, E. R. and Hobson, P. N. (Eds). Proceedings of the Fifth International Symposium: On Anaerobic Digestion. Bologna, (1988), 275-280 Academic Press. Italy
 - **V.Balice, C.Carriera, O.Cera, A.Difacio**; Natural biodegradation in olive mill effluents stored in open basins. In: International Symposium on olive by products valorization FAO, Seville, Spain, (1986), 101-118.
- **Yaakoubi, A. Chahlaoui, M.Rahmani, M.Elyachioui, Y. Oulhote** ; effet de l'épandage des margines sur la microflore du sol ; Agro solutions , 20 (2009)
 - **Yahiaoui, N. (2012)** : Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite de charbon actif. 129p
- **Zenjari I. (2000)**. Etude éco toxicologique des effluents liquides des huileries de la ville de Marrakech, impact sur les milieux récepteurs et détoxification. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Semlalia, université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc. 149 p.