

# Évaluation qualitative et possibilités de valorisation biologique de la biomasse oléicole reprise dans le Sahel Tunisien

Y. M'SADAK\*, M. MAKHLOUF, S. EL AMROUNI

Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, BP 47- CP 4042, Tunisie

\* Corresponding author: msadak.youssef@yahoo.fr

**Abstract** - In Tunisia, the production of olive oil generates two byproducts: solid waste (pomace) and liquid waste (olive mill wastewater) whose anarchic discharges threaten the environment. Under these conditions, the search for efficient biological technologies for treating such organic waste becomes an urgent necessity. The fields of application of these olive-products are many and varied. This work deals with the qualitative characterization of the biomass in the delegation of Kalâa Kebira (governorate of Sousse), to appreciate their organic exploitation (both aerobic and anaerobic). To do this, physico-chemical and environmental analyzes were performed. All determined characteristics (pH, electrical conductivity, organic matter, suspended solids ...) ensure the implementation of the Co-composting process of olive biomass (pomace olive and/or olive mill wastewater) with a vegetal ground product (wet and coarse nitrogen) and the anaerobic digestion process of olive mill wastewater. The most relevant results are concerned, on the one hand, the possibility of practicing Co-composting of pomace with organic animal resources available in sufficient quantities in the study area, and secondly, estimating interesting as possible for energy production olive mill wastewater.

**Keywords:** Pomace, olive mill wastewater, qualitative characterization, Co-composting, Biomethanation.

**Résumé** - En Tunisie, la production d'huile d'olive génère deux sous-produits : effluents solides (grignons) et effluents liquides (margines) dont les rejets anarchiques menacent l'environnement. Dans ces conditions, la recherche des technologies biologiques performantes pour le traitement de ces résidus organiques devient une nécessité urgente. Les champs d'application de ces sous-produits oléicoles sont nombreux et variés. Le présent travail porte sur la caractérisation qualitative de cette biomasse dans la délégation de Kalâa Kébira (gouvernorat de Sousse), afin d'apprécier leur exploitation biologique (tant aérobie qu'anaérobie). Pour ce faire, des analyses physico-chimiques et environnementales ont été réalisées. Toutes les caractéristiques déterminées (pH, Conductivité Électrique, Matière Organique, Matières En Suspension, ...) garantissent la mise en œuvre du procédé de Co-compostage de la biomasse oléicole (grignons et/ou margines) avec un broyat végétal (humide, grossier et azoté) et du procédé de digestion anaérobie des margines. Les résultats les plus pertinents obtenus ont concerné, d'une part, la possibilité de la pratique du Co-compostage des grignons avec des ressources organiques d'origine animale, disponibles en quantité suffisante dans la région d'étude, et d'autre part, l'estimation de la production énergétique possible fort intéressante pour les margines.

**Mots clés :** Grignons, margines, caractérisation qualitative, Co-compostage, Biométhanisation.

## 1. Introduction

Le procédé de fabrication d'huile d'olive a subi des changements évolutifs. Le procédé de pressage traditionnel discontinu a été d'abord remplacé par la centrifugation en continu, en utilisant un système à trois phases et ultérieurement par un système à deux phases. La production classique de l'huile d'olive engendre trois phases dont deux effluents oléicoles : l'huile d'olive (20%), les effluents solides appelés « grignons » (30%) et les effluents liquides appelés « margines » (50%) (Hamdi et al. 1992).

Les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une faible teneur en huile et une teneur en eau réduite, du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus de l'extraction (Nefzaoui. 1984). Les margines se caractérisent par une couleur intense brun-violet foncé à noir et une odeur spécifique.



Ces effluents oléicoles génèrent un grand impact sur l'environnement, en raison de la production élevée de résidus polluants et constituent aujourd'hui les sous-produits les plus polluants dans la région méditerranéenne. Leurs propriétés (surtout les fortes teneurs en matières organiques) font de ces sous-produits des postulants de la biomasse souhaitable pour la valorisation biologique. Parmi les procédés biologiques étudiés, le compostage et la digestion anaérobie ont été signalés comme les technologies les plus prometteuses pour l'atténuation de la pollution engendrée (Sampaio et al. 2011 ; Gonçalves et al. 2012). Dans ce cadre, une étude a été entreprise sur un ensemble de caractéristiques qualitatives de la biomasse oléicole dans la délégation de Kalâa Kébira (gouvernorat de Sousse, Sahel Tunisien), afin d'apprécier leur exploitation biologique.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Échantillonnage

Pour caractériser les ressources en biomasse oléicole sur le plan qualitatif, on a eu recours aux prélèvements relatés ci-après.

- Six échantillons de grignons d'olives ont été prélevés à partir de six huileries réparties selon le système approprié d'extraction d'huile, à raison de deux huileries pour chaque système (Système Traditionnel, Super Presse et Système Continu).

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées aux laboratoires de Production Animale et de Chimie de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem (Sousse).

- Un échantillon de margines a été prélevé au niveau de chacun de deux bassins de stockage.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de l'Office National d'Assainissement de la STEP de Sayada (Monastir).

### 2.2. Méthodes d'analyses

Tous les échantillons ont été homogénéisés avant l'analyse. Les analyses accomplies sont les suivantes :

\* **pH** : Des mesures ont été effectuées à température ambiante en utilisant un pH-mètre muni d'une électrode de verre et d'une électrode de référence combinées.

\* **Conductivité Electrique (CE)** : Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions, porteurs des charges électriques, augmentent. La mesure se fait en mS/cm à l'aide d'un conductimètre. \* **Salinité (S)** : Déduite à partir de l'expression suivante :

$$S \text{ (g/L)} = 0,7 \times \text{CE (mS/cm)}$$

\* **Matière Organique (MO)** : Déterminée par incinération dans un four à moufle à 500°C pendant au moins 6 heures, sur des échantillons préalablement séchés et broyés. La détermination de la teneur en MO est obtenue par différence entre la masse sèche et la masse après calcination (Pauwels et al. 1990).

\* **Carbone Organique Total (COT)** : La détermination du COT est acquise comme suit. %  
 $\text{COT} = \% \text{MO} / 1,8$

\* **Azote (N)** : Déterminée par la méthode de Kjeldahl qui consiste à une minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique se transforme en azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>) qui est déplacé par la soude et recueilli dans une solution titrée d'acide borique. La quantité d'NH<sub>3</sub> présente est mesurée par titration avec l'acide chlorhydrique.

\* **Rapport C/N** : Il est évalué par la formule suivante :

$$\text{C/N} = \text{COT/NT} ; \text{avec NT} = \text{Azote Total.}$$

\* **Cellulose Brute (CB)** : Déterminée par la méthode de Weende. L'échantillon subit une hydrolyse acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et une autre alcaline (KOH). Les deux hydrolyses sont séparées par une filtration et un rinçage à l'eau chaude. Le résidu sec constitue la cellulose brute qui comprend la cellulose vraie, l'hémicellulose et la lignine.

\* **Chlorures (Cl)** : Le principe consiste à précipiter les ions de chlorures par le nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de teinte rouge caractéristique de chromate de potassium.

\* **Matières En Suspension (MES)** : Elles ont été déterminées selon la méthode D-2540 (APHA. 2005). Un échantillon bien mélangé est filtré. On pèse le filtre en fibre de verre standard et le résidu retenu sur le filtre (séché à une température constante de 103 à 105 °C pendant une heure). L'augmentation de la masse du filtre représente les MES. Les résultats sont exprimés en mg/L.

\* **Demande Chimique en Oxygène (DCO)** : La DCO intéresse indifféremment les substances minérales et organiques. Elle permet la mesure de la totalité des substances oxydables, ce qui inclut celles qui sont biodégradables. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/L en ayant recours aux réactions d'oxydation, tout en mesurant

le résidu de réactif au bout de 2 heures. L'oxydation s'effectue à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant.

\* **Demande Biologique en Oxygène (DBO)** : Elle est mesurée au bout de 5 jours ( $DBO_5$ ), à 20°C (température favorable à l'activité des microorganismes consommateurs d' $O_2$ ) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite). La  $DBO_5$  constitue un bon indicateur de la teneur en MO biodégradables. Les résultats sont exprimés en mg d' $O_2/L$ .

\***Indice de biodégradabilité (Ib)** : Le rapport  $DCO/DBO_5$  permet de déterminer Ib, indicateur de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (Rodier. 1996). Si :

$Ib > 6$  Substrat difficilement biodégradable

$3 < Ib < 6$  Substrat partiellement (ou moins facilement) biodégradable

$Ib < 3$  Substrat très facilement biodégradable

\* **Matière Oxydable (MOx)** : La matière oxydable constitue l'essentiel de la partie biodégradable de la pollution organique rejetée. Ce concept, purement administratif, est exprimé par :

$$MOx = 2/3 DBO_5 + 1/3 DCO$$

### 2.3. Évaluation qualitative des ressources en biomasse oléicole

- **Grignons épuisés**

La composition des grignons épuisés (Tableau 1) varie dans de très larges limites.

Selon Nefzaoui (1985), cette composition dépend des facteurs intrinsèques du fruit (variété, stade de maturité), du procédé d'extraction de l'huile et aussi de l'épuisement par solvant.

Paramètres	Unité	Résultats antérieurs	Références
Matière Sèche (MS)	(%)	86 à 95	Nefzaoui. 1984, 1985
Cellulose Brute (CB)	(%)	35 à 50	DPV. 2009
Rapport (Carbone/Azote) (C/N)	-	57 à 60	Trigui. 2008
Matière Minérale (MM)	(%)	7 à 10	Sancoucy. 1984
		8 à 10	DPV. 2009

- **Margines**

Les variations des caractéristiques des margines (Tableau 2) résultent du type du procédé d'extraction de l'huile, de la qualité et de la variété des olives et de la conduite des opérations d'extraction.

Paramètres	Unité	Résultats antérieurs	Références
pH	-	4,2 à 5,9	Eroglu et al. 2008
Conductivité Électrique (CE)	mS/cm	18 à 50	Di Serio et al. 2008
Matière Minérale (MM)	g/L	4 à 42	COI. 2008
Matière organique (MO)	(%)	4 à 16	Ramos.1986 ; Ranalli. 1991
Polyphénols	g/L	5,5 à 12	Fenice et al. 2003
Matières grasses (MG)	g/L	3 à 10	Fiestas Ros de Ursinos. 1992
Chlorures (Cl)	g/L	5 à 6	Amirante et al. 1999
Matières En Suspension (MES)	g/L	1 à 9	Fiestas. 1981 ; Hamdi. 1993
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	g/L	80 à 200	Al Mallah et al. 2000
Demande Biologique en Oxygène ( $DBO_5$ )	g/L	90 à 100	Fiestas Ros de Ursinos. 1992

### 2.4. Valorisations biologiques possibles de la biomasse oléicole

Les caractéristiques de sous-produits oléicoles permettent d'appliquer l'une des alternatives de conversion biologique suivantes :

- **Compostage**

Le compostage est une des solutions proposées afin de valoriser les effluents d'huileries d'olive (Grignons épuisés et/ou Margines). Il a été prouvé que le compostage des déchets oléicoles donne un compost de très bonne qualité (Mennane et al. 2010). Le compostage a pour but la transformation aérobie des matières organiques en substances humiques, tout en détruisant les parasites et les microorganismes pathogènes.

• **Digestion anaérobie**

La Biométhanisation est le processus de digestion anaérobie, le plus utilisé pour le traitement des effluents oléicoles liquides, à cause de leur charge élevée en matière organique (Fiestas Ros de Ursinos. 1981 ; Borja et al. 1994), permettant d’atteindre généralement un double objectif de valorisation énergétique par récupération de biométhane (CH<sub>4</sub>) et de stabilisation des résidus organiques en vue d’une valorisation matière par la restitution partielle au sol. La digestion anaérobie est particulièrement intéressante, non seulement par le fait qu’elle contribue au traitement de la biomasse organique et à la protection durable de l’environnement (Lettinga. 2005), mais aussi parce qu’elle offre, à travers généralement ses trois produits (biogaz, digestat solide et digestat liquide) des possibilités intéressantes, des solutions et des options génératrices de revenus.

**3. Résultats et Discussion**

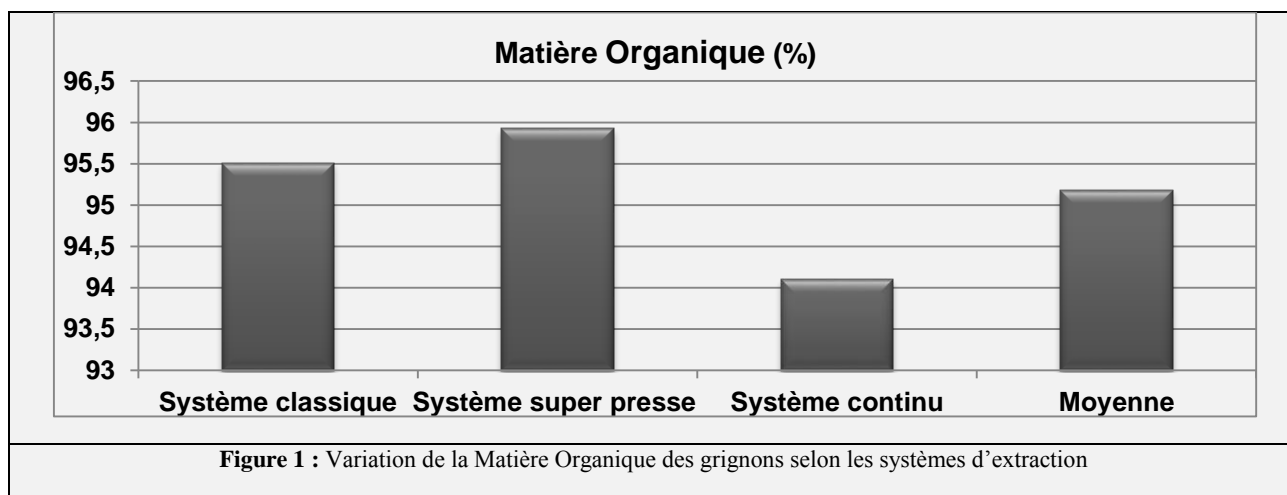
**3.1. Caractérisation qualitative des ressources en biomasse oléicole**

**3.1.1. Analyses physico-chimiques des grignons d’olives au niveau des huileries**

➤ **Paramètres organiques**

Les résultats d’analyses des paramètres organiques des grignons prélevés dans la délégation de Kalâa Kébira sont donnés ci-après.

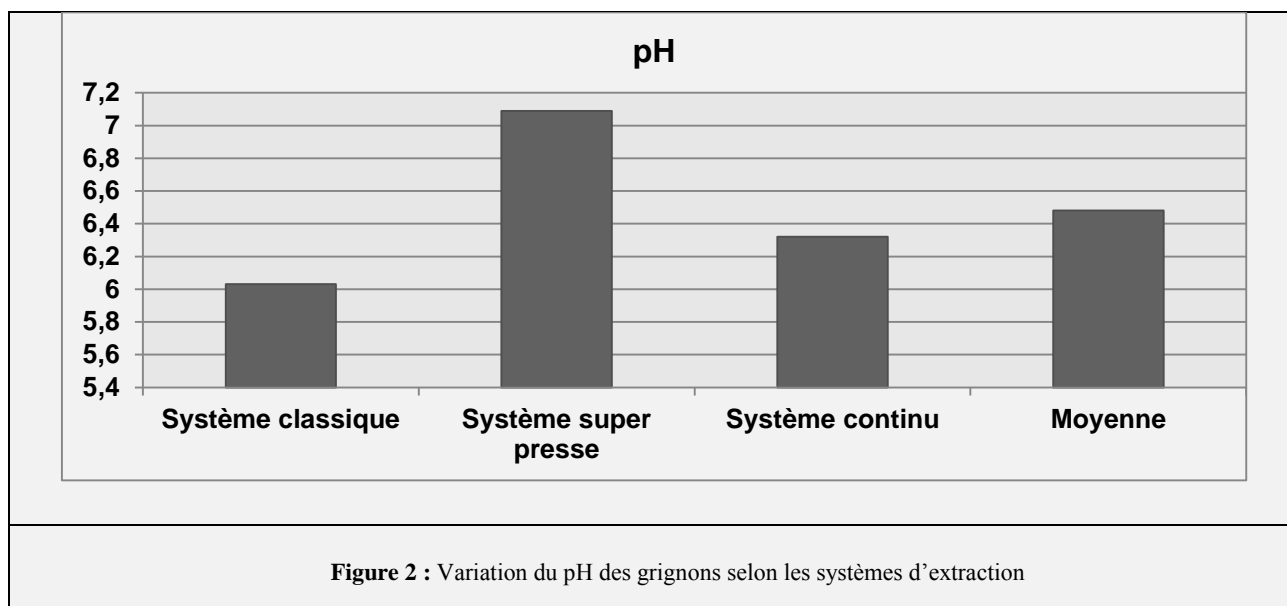
\* **Matière organique** : Les grignons sont riches en MO, présentant 95,18% en moyenne (Figure 1). Donc, ils pourraient constituer un bon amendement pour les sols pauvres en MO après compostage.



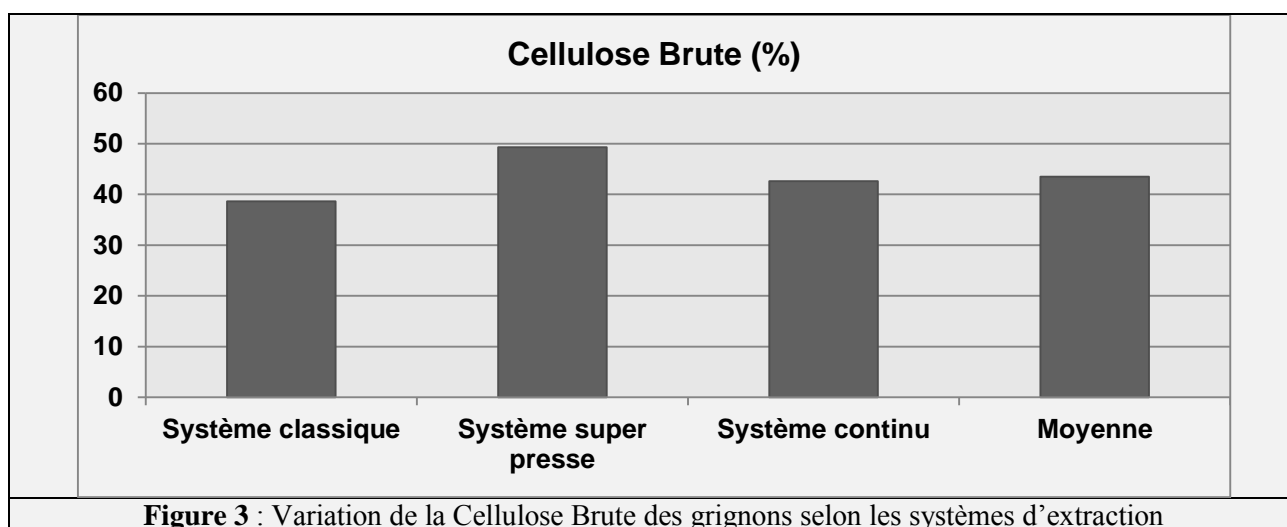
\* **Matière Sèche et Carbone Organique Total** : Le Tableau 3 regroupe les résultats relevés (MS et COT) selon chaque système d’extraction. Les valeurs trouvées pour la MS (environ 81% en moyenne) sont proches de ceux trouvés par Nefzaoui et al (1984, 1985). Les grignons sont riches en COT avec une moyenne de 55,34%.

		Matière Sèche	Carbone Organique Total
Système	Huilerie 1	81,96	55,89
Classique	Huilerie 2	82,29	55,90
Système Super	Huilerie 1	80,95	54,29
Presse	Huilerie 2	76,81	55,13
Système Continu	Huilerie 1	83,87	55,17
	Huilerie 2	82,31	55,65
Moyenne relevée		81,36	55,33
Résultats antérieurs		86 à 95	-

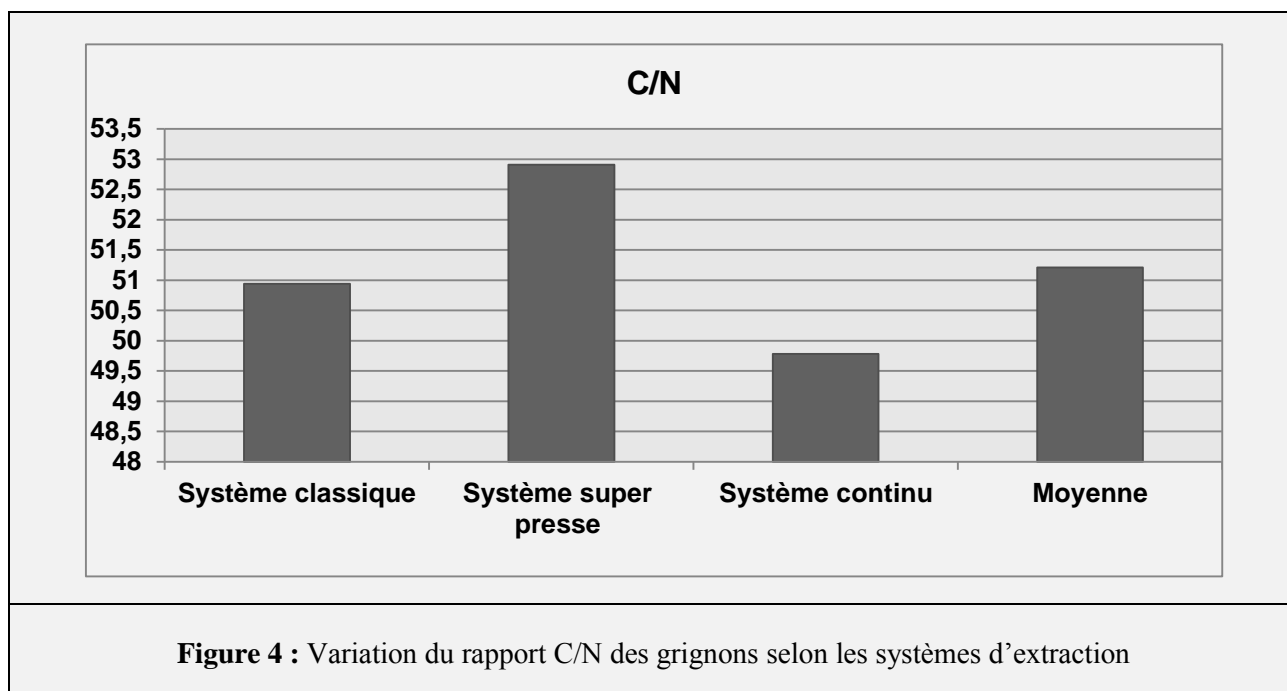
\***pH** : De point de vue pH, le bon développement des bactéries et des champignons responsables de la dégradation de la matière organique est assuré pour des valeurs de pH voisines de la neutralité (6 à 8) ou légèrement acides (Mennane et al. 2010). D’après les résultats trouvés (Figure 2), on constate que le pH de différents échantillons de grignons étudiés est dans les normes, donc, favorables à la vie et à l’activité microbienne responsable de la dégradation de la matière organique pendant le processus de compostage.



\* **Cellulose Brute** : De fortes teneurs moyennes en CB (43,51%) identifiées au niveau de différents échantillons des grignons (Figure 3) confirmant la difficulté de compostage de ce substrat (indispensable à la nutrition des champignons et des bactéries pendant les phases mésophile et thermophile de compostage), mais les grignons peuvent être valorisés par Co-compostage en associant notamment un résidu fermentescible (riche en azote).



\* **Rapport C/N** : Il est souvent considéré comme indice de biodégradabilité d'un substrat organique solide. Toutefois, les teneurs en cellulose brute élevées et le taux faible d'azote total donnent un rapport C/N trop élevé, variable entre 47 et 53 (Figure 4), qui dépasse les normes d'aptitude au compostage des ressources organiques (30 à 35), ce qui implique un processus de dégradation de la matière organique très lent et une longue durée de compostage. Néanmoins, on peut résoudre ce problème par le mélange de grignons avec d'autres résidus (broyat de végétaux verts, ...) qui améliorent l'aération des andains de compost, tout en diminuant le rapport C/N par un apport supplémentaire d'azote (Broyat végétal frais riche en biomasse foliaire fermentescible).



**Figure 4 :** Variation du rapport C/N des grignons selon les systèmes d'extraction

➤ **Paramètres minéraux**

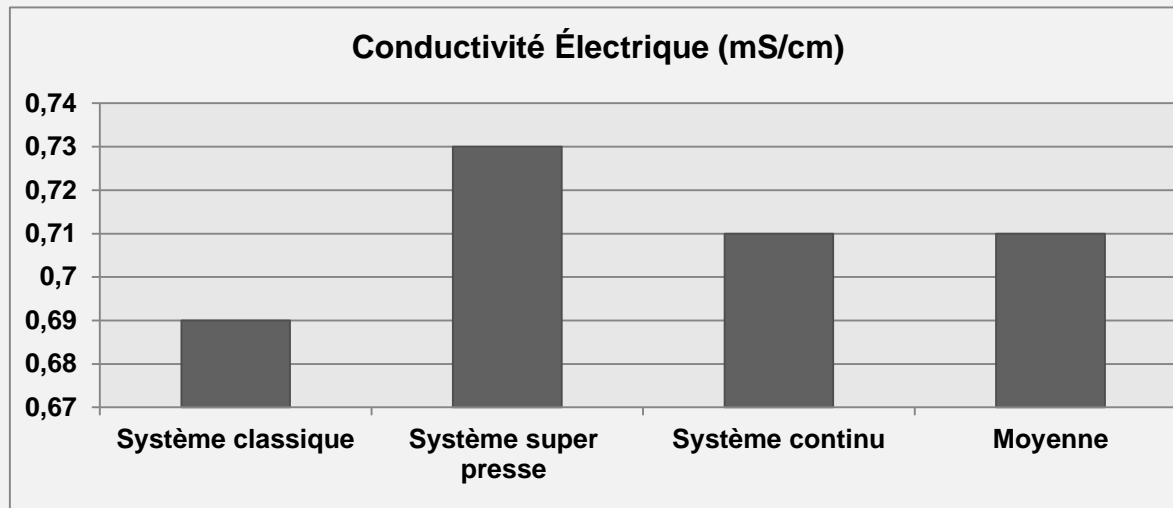
Les résultats d'analyses des paramètres minéraux des grignons prélevés au niveau de différents systèmes d'extraction d'huile dans la délégation de Kalâa Kébira sont donnés successivement dans le Tableau 4 et sur la figure 5.

**Tableau 4 :** Quelques Paramètres minéraux des grignons d'olives

		Matière Minérale	Azote Total
Système Classique	Huilerie 1	5,11	1,16
	Huilerie 2	3,87	1,07
Système Super Presse	Huilerie 1	4,28	1,03
	Huilerie 2	3,85	1,07
Système Continu	Huilerie 1	5,17	1,20
	Huilerie 2	6,63	1,06
Moyennes relevées		4,81	1,09
Résultats antérieurs		7 à 10	-
Références		DPV. 2009	-

\* **Matière Minérale et Azote Total :** Le Tableau 4 récapitule les résultats (MM et NT) acquis selon chaque système d'extraction. La valeur moyenne aperçue pour MM est de 4,8%, inférieure à celle trouvée par (DPV. 2009). La valeur moyenne relevée pour NT est aussi inférieure à celle trouvée par Nefzaoui (1984), qui rapporte une valeur variable entre 1,3 et 1,6.

\* **Conductivité Électrique :** La CE est acceptable pour tous les échantillons étudiés. Les valeurs enregistrées montrent que tous les échantillons de tous les systèmes d'extraction confondus ont une CE de l'ordre de 0,69 à 0,73 mS/cm (Figure 5).



**Figure 5 :** Variation de Conductivité Électrique des grignons selon les systèmes d'extraction

\* **Salinité (S) :** La salinité relevée, jugée tolérable, pourrait être réduite davantage par lessivage, suite aux arrosages avec de l'eau pouvant être pratiqués au cours du processus de compostage.

### 3.1.2. Caractérisation des margines au niveau des bassins de stockage

#### ➤ Caractérisation chimique

\* **pH :** Les mesures du pH effectuées indiquent une valeur moyenne de l'ordre de 4,63. Les margines sont donc des effluents acides, en raison de la présence des acides organiques (acides phénoliques, acides gras, ...). La valeur enregistrée dans cette étude se trouve dans la limite inférieure de la fourchette citée dans la littérature (4,5 à 6). En plus, l'acidité des margines augmente avec la durée de leur stockage dans la station d'évaporation naturelle. Ceci peut être expliqué par des réactions d'auto-oxydation et de polymérisation qui transforment les alcools phénoliques en acides phénoliques.

\* **Conductivité Électrique :** Les margines étudiées ont une CE moyenne trop élevée de l'ordre de 12,48 mS/cm, dépassant de loin la limite admissible de rejet (7,00 mS/cm). Une telle valeur reflète la teneur élevée en sels présents dans ces effluents.

\* **Salinité (S) :** Un taux élevé de salinité moyenne qui est de l'ordre de 8,74 g/L, mais, cette salinité peut être réduite lors du compostage par lessivage suite aux arrosages fréquents pratiqués en vue de se rapprocher autant que possible de l'humidité optimale recherchée (50 à 60%).

**Tableau 5 :** Caractérisation chimique des margines au niveau des bassins de stockage

Paramètres	Unité	Résultats antérieurs	Références	Résultats relevés		
				Bassin de stockage 1	Bassin de stockage 2	Moyenne
<b>pH</b>	-	4,2 à 5,9	Eroglu et al. 2008	4,63	4,63	4,63
<b>CE</b>	(mS/cm)	18 à 50	Di Serio et al. 2008	12,48	12,48	12,48
<b>S</b>	(g/L)	-	-	8,74	8,74	8,74

#### ➤ Caractérisation environnementale

Les margines constituent un important facteur de pollution du fait qu'ils renferment une fraction organique importante (protéines, lipides, glucides et polyphénols) et aussi par leur acidité moyennement élevée et leur concentration élevée en matières solides totales (Obied et al. 2005). Ces effluents ont un pouvoir polluant très important avec un ratio moyen  $I_b$  de  $1,91 < 3$  (Tableau 6), révélant un substrat très facilement

biodégradable. Les MES relevées (2,02 g/L) sont conformes aux normes (1 à 9 g/L). La concentration moyenne des chlorures dans les margines est élevée (1,5 g/L) par rapport à la norme Tunisienne de rejet dans le réseau d'assainissement (0,7 g/L). Cette valeur observée est de loin inférieure à la fourchette indiquée par Amirante et al. 1999. Toutefois, ces chlorures ont un pouvoir biooxydant sur la plupart des microorganismes, lorsque leur concentration dépasse 10 g/L (Jail et al. 2010), limite loin d'être atteinte. Par ailleurs, les margines présentent une forte richesse en MOx, qui est de l'ordre de 45683 mg d'O<sub>2</sub>/L. Cette dernière montre la charge polluante importante des margines et leur effet néfaste sur l'environnement.

**Tableau 6 :** Caractérisation environnementale des margines au niveau des bassins de stockage

Paramètres	Unité	Résultats antérieurs	Références	Résultats relevés		
				Bassin de stockage 1	Bassin de stockage 2	Moyenne
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	g/L	5 à 6	Amirante. 1999	1,5	1,5	1,5
Matières En Suspension (MES)	g/L	1 à 9	Fiestas Ros de Ursinos. 1981 ; Hamdi. 1993	1,8	2,1	2,02
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	g/L	80 à 200	Al Mallah et al. 2000	65,6	68	66,8
Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	g/L	90 à 100	Fiestas Ros de Ursinos. 1992	32	38,25	35,12
Indice de biodégradabilité (Ib)	-	-	-	2,05	1,78	1,91
Matière Oxydable (MOx)	mg d'O <sub>2</sub> /L	-	-	43200,00	48166,67	45683,33

### 3.2. Valorisation biologique de la biomasse oléicole

#### ➤ Compostage

Pour le compostage efficace des grignons, on y ajoute des déchets végétaux ou la fraction fermentescible des déchets urbains. A titre indicatif, il convient de citer deux sortes de compost obtenus avec un mélange varié de résidus oléicoles (Feuilles d'olives + biomasse broyée de taille d'oliviers + margines + grignons épuisés) ou d'un mélange constitué de résidus urbains verts + pailles de céréales + margines + grignons épuisés.

A propos du compostage des margines, ces dernières peuvent être absorbées sur un substrat solide (Biomasse lignocellulosique) avant d'être utilisées (Roig et al. 2006). Le compost qui en est issu s'obtient principalement par dégradation anaérobie-aérobie de substances organiques des résidus solides (margines + résidus agricoles). Paredes et al. (2005) ont trouvé que l'effet positif sur la fertilité du sol augmente avec l'augmentation de la dose d'application du compost à base de margines. Dans un travail de recherche réalisé par Zenjari et al. (2006), le compostage des margines avec des pailles d'orge a dévoilé qu'à la fin de la période de maturation, la toxicité devient non détectable et la dégradation des phénols atteint l'ordre de 95%, d'où, le compostage constitue une technique de dépollution fort intéressante.

D'après les caractéristiques essentielles relevées (biomasse sèche, carbonée et fine), les résidus oléicoles peuvent être employés comme agent structurant dans le compostage, mais, tout en rajoutant un autre résidu humide, azoté et à texture grossière (feuilles vertes, broyat sylvicole frais ou fumier bovin) jouant le rôle fermentescible pour l'amélioration de l'activité de la flore microbienne, responsable de la dégradation de la matière organique, en générant un certain équilibre nutritionnel et une aération suffisante pour le bon déroulement du mécanisme de fermentation. Les essais de compostage ont permis de mettre en évidence qu'un ratio de mélange résidus verts broyés/grignons (issus du système biphasique) de 3/1 en volume permettrait de respecter les paramètres d'aération, d'humidité et de rapport C/N nécessaires à un bon déroulement du processus. L'intégration des margines au mélange résidus verts broyés/grignons (issus du système triphasique) peut s'envisager en respectant un ratio résidus verts broyés /margines égal à 7/1 en



volume et une période d'absorption avant confection du mélange. La forte fermentescibilité des sous-produits oléicoles se traduit par des montées rapides en température.

Dans le contexte d'étude, on trouve comme autres biomasses compostables, les déjections animales (notamment, fumier avicole issu de l'élevage des poulets de chair et fumier bovin) et les résidus végétaux (pouvant provenir des espaces verts, des oliveraies et des vergers) qui peuvent faire l'objet de plusieurs mélanges avec les grignons d'olives et les margines. A titre indicatif, on peut évoquer les associations ci-après.

\*Grignons d'olives + Broyat déchets végétaux + Margines

\*Grignons d'olives + Fumier avicole + Margines

\*Grignons d'olives + Fumier bovin + Margines

De telles associations de résidus mettent en jeu la technique de Co-compostage ou compostage mixte ou compostage conjoint. Le produit final étant un Co-compost Oléicole (si la biomasse oléicole traitée est supérieure ou égale à 50%). On peut adopter les deux mélanges ci-après pour le démarrage pratique du Co-compostage oléicole, en ayant recours à des arrosages à base de margines.

Mélange 1 : 50% Grignons d'olives + 50% Broyat végétal

Mélange 2 : 70% Grignons d'olives + 30% Fumier bovin

### ➤ Biométhanisation

Aujourd'hui, la Biométhanisation est une solution alternative séduisante. Il s'agit en effet, dans des conditions technologiques anaérobies maîtrisées, de produire une énergie renouvelable à partir de matière organique pour la plupart résiduelle, et donc de réduire en même temps les flux de polluants.

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) (Tableau 7). Aussi, la fermentation méthanique permet la dépollution des margines, tout en produisant de l'énergie (Loulan et al. 1987). La digestion anaérobie favorise la production de 57,1 ( $\pm$  1,5) L de méthane à partir d'un litre de margines, la réduction de la toxicité de margines et la diminution du taux de DCO (Sayadi et al. 2000). La réduction de la DCO et le taux de biogaz produit ont atteint respectivement 42% et 207 L/kg de MO digérée. Ergüder et al. (2000) ont rapporté que le traitement anaérobie d'un litre de margines permet un rendement élevé de l'ordre de 85,4 à 93,4%. Selon l'étude menée en Languedoc-Roussillon (France) par Sayadi et al. (2000), les margines représentent un volume de 4 290 m<sup>3</sup>/an. Sur la base de 17 à 70 m<sup>3</sup> de méthane émis par m<sup>3</sup> de margines, et sur la base de 1 kWh pour 0,0857 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>, l'énergie disponible dans les margines est de 0,85 à 3,50 GWh/an.

La production de margines à Kalâa Kébira est en fluctuation d'une année à l'autre. A partir des quantités estimées relatives aux dernières campagnes, on peut estimer une production moyenne de margines de 14930 m<sup>3</sup>. En se basant sur cette quantité produite et les méthodes retenues (Bases de calcul) pour l'estimation énergétique des margines, on peut évaluer leur potentiel énergétique (Résultats) dans la région d'étude (Tableau 7).

Tableau 7 : Estimation du potentiel énergétique des margines disponibles dans la région d'étude		
Estimation	Références	Résultats prélevés
1 m <sup>3</sup> de margines produit quelque 24,5 m <sup>3</sup> de méthane. 0,0857 m <sup>3</sup> de CH <sub>4</sub> produit 1 kWh.	Fiestas Ros de Urssinos et al. 1982	365 785 m <sup>3</sup> /an de méthane. 4,303 GWh/an.
Transformation 80% de substances organiques en biogaz.	Nefzaoui et al. 1987	11944 m <sup>3</sup> de biogaz.
Un litre de margines permet un rendement de 85,4 à 93,4% et 57,1 L de gaz méthanique.	Ergüder et al. 2000	852,503 10 <sup>6</sup> L de gaz méthanique
1 m <sup>3</sup> de margines produit 17 à 70 m <sup>3</sup> de méthane.	Moundy. 2011	253810 à 1045100 m <sup>3</sup> de méthane.

## 4. Conclusion

L'industrie oléicole, en plus de sa production principale qui est l'huile (huile d'olive vierge et huile de grignons d'olives) génère deux résidus, l'un solide (grignons d'olives) et l'autre liquide (margines). La valorisation de ces sous-produits est susceptible de contribuer à l'amélioration de la rentabilité du secteur oléicole qui souffre de la concurrence des autres huiles végétales. Actuellement les sous-produits de

L'industrie oléicole sont partiellement ou totalement perdus pour la plupart de pays oléicoles, alors que leurs possibilités d'exploitation sont nombreuses. Cette étude, réalisée dans la délégation de Kalâa Kébira (gouvernorat de Sousse, Tunisie), a permis de montrer que ces effluents ont une bonne aptitude à la valorisation biologique, soit par Co-compostage pour les sous-produits solides avec d'autres sources (humides, grossières et azotées) d'origine végétale et/ou animale, soit par Biométhanisation pour les effluents liquides produisant de l'énergie sous forme de biogaz.

La caractérisation qualitative mise en œuvre devrait être complète pour une meilleure valorisation biologique de la biomasse oléicole. Pour des investigations ultérieures, il convient de conduire des analyses physico-chimiques, biochimiques (Composés phénoliques, lipides, sucres, protéines, ...), microbiologiques et environnementales. Il est à noter que l'étude de la composante microbiologique anaérobie (Dénombrement et identification) des margines est indispensable pour une production optimale de biogaz. Finalement, un montage expérimental est aussi nécessaire, en vue d'évaluer le potentiel méthanogène de différentes biomasses dans le Contexte Tunisien.

## 5. Références

- Hamdi M, Bouhamed H, Ellouz R (1992)** Integred biological process for olive mill wastewaters treatment *Bioprocess Eng.*, 8 (1-2), 79-84.
- Nefzaoui A (1984)** Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier, In *Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie Étude FAO production et santé animales* 43, Rome.
- Sampaio MA, Gonçalves MR, Marques IP (2011)** Anaerobic digestion challenge of raw olive mill wastewater. *Bioresour. Technol.*, 102: 10-18.
- Gonçalves MR, Freitas P, Marques IP (2012)** Bioenergy recovery from olive mill effluent in a hybrid reactor. *Biomass and Bioenergy*, 39: 253-260.
- Pauwels JM, Vanrust E, Verloo M, Mvoudo ZE (1990)** Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses des sols et des plantes. *Publications Agricoles* 28, pp 265.
- APHA (2005)** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, 21th Edition, Washington D.C.
- RODIER J (1996)** *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer* huitième édition DUNOD Paris, 1384 p.
- Nefzaoui A (1985)** Valuation of lignocellulosic residues in the diet of ruminants by treatment with alkali, Application to pomace oil. PhD Dr, Catholic University of Leuven 345 p.
- Direction de la Production Végétale (DPV) (2009)** *Brochure technique Ministère de l'Agriculture Rabat, Maroc.*
- Trigui A (2008)** Étude en vue de l'Elaboration d'un Plan d'Action pour l'utilisation énergétique des sous-produits de l'oliveraie en Tunisie Consultation auprès du PNUD Tunisie, ANME (33/2008), Projet 00058135, 121 p.
- Sancoucy R (1984)** Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen. *Etude FAO Production et santé animale Synthèse no. 43 FAO Pub Rome.*
- Mounif M, Tamoh S, Faid M, Achkari-Begdouri A (1993)** A study of chemical and microbiological characteristics of olive mill wastewater in Morocco, *Grasas y Aceites*, 44 : 335-338.
- Eroglu E, Eroglu I, Gündüz U, Yücel M (2008)** Effect of clay pretreatment on photofermentative hydrogen production from olive mill wastewater, *Bioresour. Technol.*, 99: 6799-6808.
- Di Serio MG, Lanza B, Mucciarella MR, Russi F, Lannucci E, Marfisi P, Madeo A (2008)** Effects of olive mill wastewaters preading on the physico-chemical and microbiological characteristics of soil, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62: 403-407.
- COI (2008)** *International course on water management and irrigation of olive orchards*, Limassol-Cyprus, 20 p.
- Ramos A (1986)** Physical, chemical, microbiological and biochemical characteristics of vegetation water, *Proc International symposium of olive by-products valorization FAO.UNDP, Sevilla (Spain)*, 19-40.
- Ranalli A (1991)** L'effluent des huiles d'olives : propositions en vue de son utilisation et son épuration, *Références aux normes italiennes en la matière Olivae*, 39 : 18-34.
- Fenice M, Giovannozzi Sermanni G, Federici F, D'Annibale A (2003)** Submerged and solid-state production of laccase and Mn-peroxidase by *Panustigrinus* on olive mill wastewater-based media, *J Biotechnol*, 100: 77-85.
- Fiestas Ros de Ursinos JA, Borja-Padilla 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 JA (1981)** Différentes utilisations des margines : recherche en cours, résultats et applications, *Séminaire International sur la Valorisation des Sous-produits de l'Olivier PNUD/FAO. Monastir (Tunisie)*, 93-95.
- Hamdi M (1993)** Future prospects and constraints of olive mill wastewaters use and treatment, *A review Bioproc. Eng.*, 8: 209-214.
- Al-Malah K, Azzam MOJ, Abu-Lail NI (2000)** Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay, *Separation and Purification Technology*, 20: 225-234.
- Amirante P, Di Renzo G.C, Di Giovacchino L, Btanchiand B, Catalano P (1999)** Évolution technologique des installations d'extraction de l'huile d'olive, *Olivae*, 48 : 43-53.
- Mennane Z, Tada S, Aki I, Faid M, Hassani S, Salmaoui S (2010)** Physicochemical and microbiological characterization of the olive residue of 26 traditional oil mills in Beni Mellal, *Technologies of Laboratory*, 5: 4-9.
- Borja R, Martin A, Alonso V, Garcia I, Banks CJ (1994)** Influence of different aerobic pre-treatment on the kinetic of anaerobic digestion of olive mill wastewater, *Water Research*, 19: 489-495.
- Lettinga G (2005)** The anaerobic treatments approach towards a more sustainable and robust environmental protection, *Water Science & Technology* 52: 1-11.
- Obied H, Allen M, Bedgood D, Prenzler P, Robards K, Stockmann R (2005)** Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste, *Journal of Agrical Food Chemistry*, 53: 823-837.

- Jail A, Boukhoubza F, Nejmeddine A, Sayadi S, Hassani L (2010)** Co-treatment of olive-mill and urban wastewaters by experimental stabilization ponds, *Journal of Hazardous Materials*, 176: 893-900.
- Roig A, Cayuela ML, Sánchez-Monedero MA (2006)** An overview on olive mill wastes and their valorisation methods In: *Waste Management*, 26: 960-969.
- Sierra J, Marti E, Garau AM, Cruanas R (2007)** Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater Field experiment. *Science of the Total Environment*, 378: 90-94.
- Paredes C, Cegarra J, Bernal MP, Roig A (2005)** Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties, *Environment International*, 31: 305-312.
- Zenjari B, El Hajjouji H, Baddi GA, Bailly JR, Revel JC, Nejmeddine A, Hafidi M (2006)** Eliminating toxic compounds by composting olive mill wastewater-straw mixtures, *Journal of Hazardous Materials*, 138: 433-437.
- Nefzaoui A (1987)** Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits, *Séminaire sur l'économie de l'olivier (Tunisie)*.
- Loulan PY, Thelier Y (1987)** Procédé et dispositif de traitement par fermentation méthanique des eaux résiduaires lipidiques, *Brevet Français* 2620439.
- Sayadi S, Allouche N, Jaoua M, Alaoui F (2000)** Detriment effects of high molecular-mass polyphenols on olive mill wastewater biotreatment, *Process Biochemistry*, 35: 725-735.
- Fiestas Ros Ursinos JA, Navarro GR, Leon GR, Garcia BA, Maestrojuan Saez De Jauragui GM (1982)** Depuración del apechin como fuente de energía, *Grasas y Aceites*, 33: 265-270.
- Erguder TH, Guven E, Demirer GN (2000)** Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactors, *Process Biochemistry*, 36: 243-248.
- Moundy PJ (2011)** Réalisation d'une étude régionale relative à la valorisation énergétique de la biomasse dans le cadre de l'élaboration du schéma régional des énergies renouvelables du Languedoc-Roussillon, SARL Alcina - 04 67 54 04 59, 93 p.