

# OLIVA

ÉDITION FRANÇAISE

N° 118 • 2012

CONSEIL OLÉICOLE INTERNATIONAL



# Sommaire

OLIVÆ N° 118 · 2012

- 3 Performances des variétés d'olivier : Arbéquine, Haouzia et Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc  
A. Mahhou, Y. Nabil, A. Hadiddou, A. Oukabli et A. Mamouni
- 22 Conception et conduite des oliveraies en haie : effet sur la production et la qualité de l'huile\*  
M. Gómez del Campo, E. Trentacoste et D. J. Connor
- 32 Potentiel antioxydant d'extraits de bois de taille d'oliviers, cv. Arbequina, origine Catamarca. Argentine  
C. Salim Rosales, P. Gómez, E. Gómez, N. Rodríguez et M. Bravo
- 47 Influence des facteurs technologiques sur l'huile d'olive vierge  
M. Servili
- 55 Systèmes de production en oléiculture  
R. Fernández-Escobar, R. de la Rosa, L. León, J. A. Gómez, L. Testi, F. Orgaz, J. A. Gil-Ribes, E. Quesada-Moraga, A. Trapero et M. Msallem

---

## OLIVÆ

Revue officielle du Conseil oléicole international.

Éditée en cinq langues : anglais, arabe, espagnol, français, italien.

Príncipe de Vergara, 154.  
28002 Madrid, Espagne.  
Tél. : 34-915 903 638  
Fax : 34-915 631 263  
E-mail : iooc@internationaloliveoil.org

ISSN : 0255-996X

Dépôt légal : M-18267-1984

Réalisation : Advantia, S.A.

---

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat exécutif du COI aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Le contenu des articles figurant dans la présente publication ne reflète pas nécessairement le point de vue du Secrétariat exécutif du COI en la matière.

La reproduction totale ou partielle des articles d'OLIVÆ est autorisée sous réserve expresse de la mention d'origine.

\* Article publié antérieurement dans le numéro 24 de la *Revista de Fruticultura*.



# Performances des variétés d'olivier : Arbéquine, Haouzia et Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc

A. Mahhou<sup>1</sup>, Y. Nabil<sup>2</sup>, A. Hadiddou<sup>3</sup>, A. Oukabli<sup>3</sup> et A. Mamouni<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IAV Hassan II, Rabat, [a.mahhou@iav.ac.ma](mailto:a.mahhou@iav.ac.ma) & [a.mahhou@gmail.com](mailto:a.mahhou@gmail.com)

<sup>2</sup> Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz.

<sup>3</sup> Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès.

## RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est l'évaluation du comportement de variétés d'olivier Haouzia, Menara et Arbéquine en conditions pluviales dans la région de Meknès. Nous avons ainsi déterminé les caractéristiques carpométriques des fruits et évalué les paramètres susceptibles d'aider les oléiculteurs à appréhender la date de récolte. A cet effet, nous avons calculé l'indice de maturité et déterminé les teneurs en huile et en polyphénols pendant la maturation. Nous avons également déterminé les teneurs des huiles en acides oléique et linoléique. Le suivi de la floraison, la nouaison, a permis d'évaluer l'efficacité de la pollinisation et de la fécondation qui ont été mesurées par les niveaux de rendement enregistrés.

Les teneurs en huiles, en polyphénols et en acide oléique ont varié selon la variété. La teneur maximale en polyphénols enregistrée pour l'Arbéquine était de 1833 ppm. Elle est plus faible par rapport à celles de Menara et Haouzia avec 2134 ppm et 2127 ppm respectivement.

Quant à la teneur maximale en huile par rapport à la matière fraîche, elle a été de 23,6 % pour la variété Menara, suivie de Haouzia avec 23,3 % et l'Arbéquine avec 17,56 %. La combinaison de ces paramètres, a permis de déterminer la période optimale de récolte qui correspond aux teneurs optimales en huile et en polyphénols. Pour cette campagne, la période optimale de récolte s'est étalée du 03 au 19 décembre pour Arbéquine et entre le 03 décembre et le 02 janvier pour Menara et Haouzia. La période de floraison de l'Arbéquine s'est étalée du 8 au 29 avril. Pour Haouzia et Menara, elle a commencé vers le 15 avril et s'est terminée vers la fin de la première semaine de mai. Les taux de nouaison enregistrés ont été satisfaisants avec 15,36 % pour Arbéquine, 11 % pour Haouzia et 12 % pour Menara. Les rendements moyens sur quatre années, ont été de 44 kg/arbre pour Menara, 37,25 kg/arbre pour l'Arbéquine et 35,5 kg/arbre pour Haouzia.

**Mots clés** : variété, huile d'olive, olive, caractéristiques carpométriques, date

optimale de récolte, indice de maturité, teneur en huile, teneur en polyphénols.

## INTRODUCTION

L'oléiculture revêt une grande importance socio-économique au Maroc où elle contribue à hauteur de 5% au PIB agricole national. S'étendant sur une superficie de 784 000 hectares, les exploitations nationales totalisent une production de l'ordre de 1 500 000 tonnes d'olives. Le pays produit également 160 000 tonnes d'huile d'olive et 90 000 tonnes d'olives de table. En termes d'exportations, 17 000 tonnes d'huile d'olive et 64 000 tonnes d'olives de table se retrouvent sur les marchés internationaux et génèrent plus de 15 millions de journées de travail (MAPM, 2012).

L'accroissement de la demande en huile et conserve d'olive au niveau des marchés internationaux et nationaux durant les dernières décennies est remarquable. Il est le fruit de recherches qui ont mis en évidence la valeur biologique de ces produits et

leurs rôles importants dans la prévention de certaines maladies. À la lumière de ces données, l'État a mis en place une stratégie permettant d'atteindre un million deux cent vingt mille hectares à l'horizon de 2020, par la mise en place de projets Pilier I et Pilier II du plan Maroc vert.

Toutefois, les contraintes qui entravent le développement de ce secteur au Maroc sont nombreuses et prononcées. Elles sont principalement liées à l'insuffisance des précipitations, aux techniques culturales qui sont souvent traditionnelles et qui se font d'une manière sommaire, et à l'infrastructure de transformation qui est insuffisamment modernisée.

Dans le but de résorber le déficit national, et de consolider sa position sur le marché international de l'huile d'olive et des olives de table, le Maroc a adopté en 2009 une stratégie dans le cadre du plan Maroc Vert prévoyant à l'horizon 2020 la réalisation de 510 projets intégrés pour l'amélioration de la productivité et de la qualité, le développement d'une valorisation forte et pérenne, la mise en place de deux oléopôles pour le renforcement de la recherche au niveau de Marrakech et Meknès et la promotion et la diversification des exportations avec le renforcement des programmes d'encadrement et de recherche appliquée.

Le secteur oléicole national reste dominé par la « Picholine Marocaine » qui est une variété population adaptée aux conditions édaphiques du pays. Cette variété est à double fin : en olive de table (en vert et en noir) et en huile. Sa productivité est moyenne à bonne si les conditions de production sont réunies. Elle présente toutefois une alternance assez marquée notamment en conditions pluviales. Pour cela, l'Institut national de la recherche agronomique a sélectionné deux clones de la Picholine marocaine qui sont Haouzia et Menara. Le premier a le fruit de forme ovale avec un calibre plus grand que celui de la Picholine marocaine (3,3 à 5 g), son utilisation est à double fin. La teneur moyenne en huile est de 20 à 24 % et celle-ci est de bonne qualité (stable, riche en acide oléique et en polyphénols).

Les teneurs en eau et en huile des olives varient selon le cultivar et les conditions de culture. Ainsi, au Maroc, la teneur en huile par rapport au poids sec est de 37 % pour l'Arbéquine et de 30 % pour la Picholine marocaine (Boulouha, 2006). Par ailleurs, la teneur en huile par rapport à la matière fraîche de l'Arbéquine, en irrigué en Californie, varie de 22 à 27 % (Vossen, 2005). Pour Haouzia, la teneur en huile est de 20 à 24 % publiée dans la fiche variétale de l'INRA (Boulouha et al. 2006a), et de 23,2 %

rapportée par Hadiddou et al. (2006) et celle du Catalogue mondial des variétés d'olivier (Conseil oléicole international, 2000). Cependant, des teneurs moins élevées ont été trouvées par El Ajel, (2006) et Rafik, (2008) avec des teneurs en huile par rapport à la matière fraîche de 20,3 % et 21,8 % respectivement. La teneur en huile par rapport à la matière fraîche de la Menara a donné une valeur moyenne de 24 % avancée par Hadiddou et al. (2006). La même teneur est enregistrée dans le Catalogue mondial des variétés d'olivier (Conseil oléicole international, 2000) et concorde avec la valeur de 23,2 % trouvée par Rafik, (2008).

La teneur en polyphénols varie en fonction de la variété (Cimato et al., 1996; Pannelli et al., 2001; Sweeney, 2005). Vossen, (2005) a précisé que la teneur en polyphénols des variétés d'olivier passe par des valeurs très élevées comme dans les cas de Koroneiki et Coratina à très faibles pour d'autres telles que Picual. Le suivi de l'évolution de la concentration en composés phénoliques revêt un intérêt particulier car ces substances agissent sur les caractéristiques organoleptique de l'huile d'olive et sur sa stabilité oxydative (Chimi, 1987, Chimi et al., 1991). Fantozzi et Montedero (1978), rapportent que la concentration des composés phénoliques de la pulpe d'olive, évolue en

fonction du degré de pigmentation. Elle passe ainsi de 2 065 (mg d'acide gallique/100 g de pâte d'olive sèche) au stade vert, à 2 285 au stade semi-noir puis à 1997 au stade noir. Les auteurs en concluent que la teneur en polyphénols dans l'olive est optimale au stade semi-noir, et qu'elle est associée par ailleurs aux huiles de meilleure qualité.

La même tendance de la teneur en polyphénols a été enregistrée par Atouati, (1991) qui a rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux augmente du stade vert au stade semi noir, puis chute au stade noir. Par contre, cette tendance était inversée pour la teneur en huile qui était maximale au stade noir. Mahhou & al., (2011) ont rapporté que les teneurs en polyphénols ont une allure croissante avec une valeur maximale de 1 823 ppm pour Arbéquine, 2 192 ppm pour Koroneiki et 2 113 ppm pour la Picholine marocaine, puis elles commencent à décroître à partir du début décembre pour les trois variétés étudiées dans la région de Settât en verger irrigué.

En bour Haouzia est également productive avec un rendement moyen de 25 à 80 kg/arbre. Pour la Menara, elle se caractérise par une productivité supérieure à 60 kg/arbre (sur 11 campagnes) et une teneur en huile supérieure à 20 % avec une bonne tolérance au *Pseu-*

*domonas savastanoi* (tuberculose). En plus de ces clones, d'autres variétés étrangères, surtout espagnoles, ont été introduites pour leur production précoce et leur adaptation aux fortes densités (Arbequine) (Boulouha B. *et al.*, 2006)

L'objectif du présent travail est de déterminer les caractéristiques des olives et des huiles d'olive à différentes périodes de récolte afin de déterminer la période optimale de récolte pour trois variétés qui sont Arbéquine, Menara et Haouzia cultivées sous conditions pluviales dans la région de Meknès.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Caractéristiques du site

La présente étude a été menée dans le domaine expérimental de l'INRA à Ain Taoujdate, située dans la plaine du Sais à 30 km de Meknès dans la Province d'El Hajeb (altitude : 550 m, latitude : 33°, longitude : 5°) pendant la campagne agricole 2008/2009.

Le domaine de l'expérimentation se caractérise par des sols alluviaux : sols profonds, brun rouge, peu calcaires, argilo-sabloneux.

Ain Taoujdate est une région qui reçoit une pluviométrie annuelle moyenne de

l'ordre de 500 mm, les précipitations sont étalées entre les mois de septembre et avril, et concernent en grande partie les mois de novembre et décembre. Par ailleurs, la saison sèche dure entre les mois de juin et septembre. La pluviométrie annuelle pendant cette campagne était de 700 mm. La moyenne des températures minimales a varié entre 4° C pour le mois le plus froid (décembre) et 18° C pour le mois le plus chaud (juillet) alors que la moyenne des températures maximales a varié pour les mêmes mois entre 15 et 38° C.

L'étude a porté sur deux clones de la Picholine marocaine Haouzia et Ménara plantés en 1989 et sur un clone de la variété espagnole Arbequine planté en 1988 à une distance de plantation de 7 m x 7 m, soit une densité de 204 arbres/ha.

La variété **Haouzia** est une sélection au sein de la Picholine marocaine. Elle est rustique et a des capacités de rhizogènes élevées (65 % de réussite). L'arbre est de vigueur moyenne avec un port étalé. Elle est à double fin et sa teneur en huile est de 23 %. Elle est partiellement autofertile et entre en production dès la troisième année. Ses rendements moyens sont de 60 kg/arbre en irrigué et de 25 à 80 kg/arbre en bour favorable (centre nord). Elle est tolérante à l'œil de paon, à la tuberculose et à la sécheresse.

La variété **Menara** est également une sélection dans la Picholine Marocaine. L'arbre est de vigueur moyenne en bour et élevée en irrigué. Le port est dressé. Elle a une capacité rhizogène très élevée de 70 %. L'alternance de production est réduite de 30 % par rapport à la Picholine marocaine. Elle entre en production en troisième année rendement moyen en irrigué, à l'âge adulte, dépasse 60 kg/arbre. En conditions pluviales, son rendement est de 35 à 80 kg/arbre. Elle est résistante à la tuberculose.

## 2.2. Mode d'échantillonnage

Pour chaque génotype étudié, nous avons procédé à un marquage à la peinture de quatre arbres d'olivier choisis au hasard sous un dispositif complètement aléatoire. Suivant les dates des prélèvements mentionnés dans le tableau 1, nous avons effectué des prélèvements d'un échantillon composite (1 kg) d'olives de chaque génotype, aléatoirement, à hauteur d'homme et sur des rameaux différents.

Ces échantillons sont mis dans des sachets en plastique et acheminés le même jour au laboratoire pour la caractérisation. Le reste de l'échantillon est stocké dans le congélateur à -20°C jusqu'au moment de l'analyse physico-chimique.

**TABLEAU 1.**  
**Dates de prélèvement des échantillons d'olives**

N° échantillon	Date de prélèvement
1	22/10/2008
2	05/11/2008
3	19/11/2008
4	03/12/2008
5	12/12/2008
6	19/12/2008
7	02/01/2009
8	09/01/2009
9	16/01/2009

### 2.3. Analyses ayant porté sur les olives

#### Détermination de l'indice de maturité des olives (IM)

Elle est basée sur l'appréciation de la coloration de 100 olives prélevées au hasard sur un échantillon de

1 kg. Ces olives sont réparties en 8 classes allant des olives à épiderme vert intense ou vert foncé jusqu'aux olives à épiderme noir et pulpe entièrement foncée.

L'indice de maturité des olives est calculé comme suit:

$$\text{Indice de maturité} = \frac{[(0 \times n_0) + (1 \times n_1) + (2 \times n_2) + \dots + (7 \times n_7)]}{100}$$

Avec  $n_0, n_1, \dots, n_7$  : le nombre des olives des classes suivantes :

**0** : olives à épiderme vert intense ou vert foncé;

**1** : olives à épiderme jaune intense ou jaunâtre;

**2** : olives à épiderme jaunâtre, présentant des taches ou zones rougeâtres;

**3** : olives à épiderme rougeâtre ou violet clair;

**4** : olives à épiderme noir et à pulpe entièrement verte;

**5** : olives à épiderme noir et à pulpe violette jusqu'à la moitié de son épaisseur;

**6** : olives à épiderme noir et à pulpe violette jusqu'au noyau;

**7** : olives à épiderme noir et à pulpe entièrement foncée.



### Détermination des caractéristiques carpométriques des olives

Sur un échantillon de 20 fruits, nous avons déterminé les poids du fruit, du noyau et de la pulpe. Pour la détermination de la forme des fruits, nous avons mesuré, à l'aide d'un pied à coulisse, les longueurs et largeurs de 20 fruits. Le rapport entre les 2 dimensions indique la forme du fruit selon les normes établies par le Conseil oléicole international (COI, 2000).

$$\text{Humidité } ( \%) = \frac{\text{Poids frais} - \text{Poids sec}}{\text{Poids frais}} \times 100$$

### Détermination de la teneur en huile des olives

#### La méthode Soxhlet

Une quantité de 70 g d'olives broyées à l'aide d'un mortier ont été mises à sécher dans une étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (~ 42 h). L'huile récupérée est pesée (M) et la teneur en huile exprimée en pourcentage (par rapport à la matière fraîche et sèche) est calculée par les formules suivantes :

$$\text{THF } ( \%) = \frac{M \times 100}{M_0}$$

$$\text{THS } ( \%) = \frac{M \times 100}{M_1}$$

### Détermination de la teneur en eau des olives

Deux échantillons de 40 g de fruits sont prélevés et pesés (poids frais). Ils sont mis à sécher dans une étuve réglée à 75°C, durant 48 h, jusqu'à stabilisation du poids. À la sortie de l'étuve les échantillons sont pesés (poids sec). La différence entre les deux poids est le poids de l'eau. Il est rapporté à 100 g de fruits pour avoir la teneur en eau ou l'humidité des olives.

Avec :

- **THF** = la teneur en huile par rapport à la matière fraîche.
- **THS** = la teneur en huile par rapport à la matière sèche.
- **M** = poids de la matière grasse extraite.
- **M<sub>0</sub>** = poids de la matière fraîche de l'échantillon.
- **M<sub>1</sub>** = poids de la matière sèche de l'échantillon.

Pour chaque échantillon, trois répétitions ont été effectuées afin de déterminer la teneur moyenne en huile pour chaque variété.

## 2.4. Méthodes d'analyses ayant porté sur l'huile

### Polyphénols totaux

La méthode utilisée pour le dosage des polyphénols totaux est celle suggérée par Vasquez Roncero, (1975). On pèse 10 g d'huile, on les dilue avec 50 ml d'hexane et on les met dans une ampoule à décanter. L'extraction des polyphénols se fait trois fois par 20 ml de méthanol : eau (60 % : 40 %), en agitant à chaque fois pendant 2 min 30 s. A chaque extraction, les couches inférieures sont décantées directement dans une fiole de 100 ml et complétées avec l'eau distillée. C'est la solution de polyphénols. Dans une fiole jaugée de 50 ml, on met 35 ml d'eau distillée, 15 ml de la solution de polyphénols et 2,5 ml du réactif de Folin – Denis. On agite pour homogénéiser le mélange et on laisse reposer 3 min. On ajoute 5 ml de la solution de NaOH 6 %, on complète jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée et on mélange très bien. Le blanc est réalisé dans les mêmes conditions que l'échantillon de l'huile. Après une heure de repos (45 min minimum), la lecture de l'absorbance se fait à l'aide d'un spectromètre à 725 nm.

### Acides gras

On pèse environ 0,3 g de l'huile dans un ballon de

50 ml, on ajoute 2,5 ml de sodium méthanolique. Cet ajout confère à la solution une coloration rosâtre intense, ensuite on place le ballon sous un réfrigérant et on chauffe à reflux pendant 10 min. On ajoute 2,5 ml du méthanol sulfurique jusqu'à la disparition de la coloration rose et on chauffe à nouveau pendant 10 min. Après refroidissement, à l'aide d'entonnoir, on transvase le mélange dans un tube à essai et on rince le ballon avec 6 ml d'heptane (verser 2 ml sur 3 fois). On complète le tube à essai avec NaCl qui aide les esters à flotter. On récupère les esters méthyliques flottants en surface à l'aide d'une micro seringue. On détermine la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse.

### 2.5. Suivi de la floraison et l'évaluation de la fertilité

#### Époque de floraison

Pour déterminer les époques de floraison des variétés, des appréciations visuelles sont faites une fois chaque semaine depuis le mois de mars pendant toute la période de floraison des variétés étudiées. Les stades appréciés sont :

- Début floraison avec 10 % de fleurs ouvertes

- Pleine floraison avec 90 % de fleurs ouvertes
- Fin floraison caractérisée par le début de chutes des pétales

#### Évaluation de la fertilité

Le 29 avril 2009, nous avons marqué quatre rameaux à raison d'un par ex-

position (Sud, Nord, Est, Ouest) sur chacun des quatre arbres par génotype. Sur ces rameaux, nous avons compté, le même jour, le nombre initial des fleurs. Après la chute physiologique du mois de juin, nous avons compté le nombre de fleurs nouées ou de petits fruits. Le calcul du taux de nouaison a été effectué selon la formule :

$$\text{Taux de nouaison } () = \frac{\text{Nombre de fleurs nouées}}{\text{Nombre total de fleurs}} \times 100$$

### 2.6. Nombre de déterminations et analyse statistique

Toutes les analyses effectuées au laboratoire sont faites en triple. Les résultats indiqués dans l'interprétation sont la moyenne de trois déterminations. Les résultats ont été analysés à l'aide de Minitab pour l'analyse de la variance et le calcul des statistiques descriptives (moyenne, écart type, etc.)

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Indice de maturité

Le suivi de l'indice de maturité des olives des clones marocains Haouzia, Menara et de la variété Arbéquine a été réalisé entre le 22 octobre 2008 et le 16 janvier 2009 (tableau 2). Cet indice a varié entre 1,4 et 4,9 pour les clones de la Picholine marocaine et entre 2,3 et 4,7 pour Arbequine.

**TABLEAU 2.**  
**Évolution de l'indice de maturité des olives de Haouzia, Menara et Arbéquine, en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc, pour la campagne 2008/09**

Date de prélèvement	Arbéquine	Haouzia	Menara
22/10/2008	2,3	1,4	1,4
05/11/2008	2,5	2,7	1,9
19/11/2008	2,5	3,5	3,2
03/12/2008	3,1	3,9	3,9
12/12/2008	3,4	4,3	4,1
19/12/2008	3,5	4,6	4,4
02/01/2009	4,1	4,6	4,6
09/01/2009	4,4	4,8	4,6
16/01/2009	4,7	4,9	4,8

Haouzia et Menara ont montré une avance de maturité par rapport à Arbéquine. Les courbes de l'indice de maturité présentent des allures similaires pour les clones Menara et Haouzia avec toutefois une légère avance pour Haouzia.

### 3.2. Caractéristiques carpométriques des olives

Le poids moyen des olives (tableau 3 et Figure 1), présente une allure similaire pour les trois génotypes, mais diffère entre les deux clones Haouzia et Menara et l'Arbéquine. L'analyse de la variance a révélé l'existence d'un effet variété sur le poids des fruits. La sé-

paration des moyennes des poids par la méthode de Tukey pour chaque date de prélèvement a permis de distinguer deux groupes homogènes qui sont les deux clones de la Picholine marocaine et l'Arbéquine, sauf pour les dates du 05/11/2008, 09/01/2009 et 16/01/2009 où on a trouvé une différence entre les trois variétés, donc trois groupes homogènes. L'Arbéquine, qui est une variété à huile, a un poids moyen de fruit inférieur à celui des fruits des deux clones qui sont à double fin. Le poids moyen des fruits est passé, entre le début et la fin des prélèvements, de 0,86 g à 1,61 g, de 2,13 à 2,45 g et de 1,92 à 2,55 g, respectivement pour Arbequine, Haou-

zia et Ménara ; enregistrant ainsi une augmentation respective de 87, 15 et 33 %. Cette tendance enregistrée du poids des fruits, concorde avec les résultats de Atouati (1991), Idrissi (1994), Lachir et Sidi Baba (1994), El Cadi et El Jamaï (1998), Faqih et Hmama (1999). Rafik (2008), qui avait travaillé dans la même parcelle durant la campagne précédente (2006/07), a rapporté des résultats similaires avec un poids moyen du fruit de 1,7 g pour Arbéquine, 2,4 g pour Haouzia et de 2,3 g pour Menara. Le poids moyen de la variété Arbéquine est légèrement inférieur à celui trouvé par Mahhou et al., (2011) dans les conditions de la région de Settat en irrigué.

**TABLEAU 3.**  
**Évolution des poids moyens du fruit, de la pulpe et du noyau d'olive et du rapport pulpe/noyau pour Arbequine, Haouzia et Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès, Maroc, pendant la campagne 2008/09**

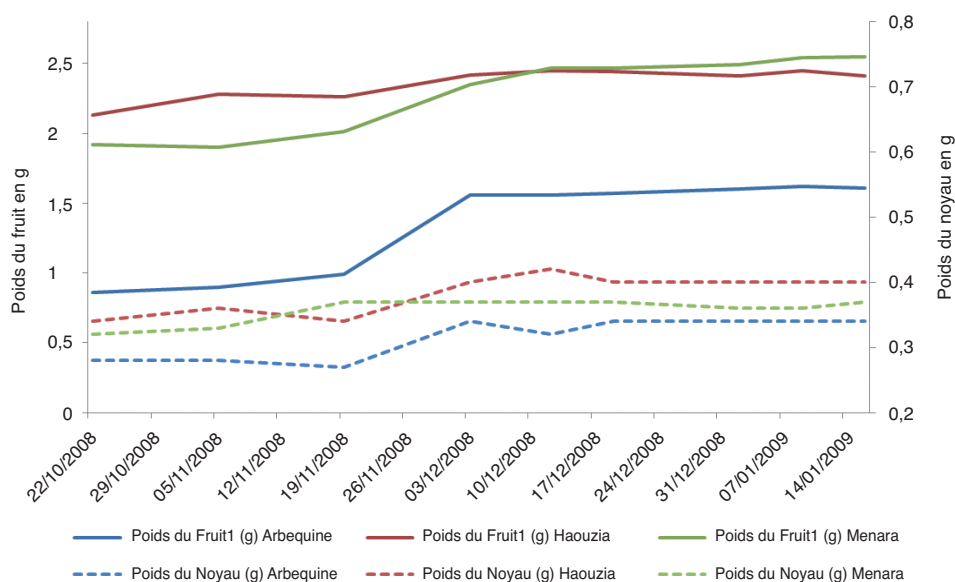
Date	Poids du Fruit <sup>1</sup> (g)			Poids du Noyau (g)		
	Arbequine	Haouzia	Menara	Arbequine	Haouzia	Menara
22/10/2008	0,86 a	2,13 b	1,92 b	0,28 a	0,34 b	0,32 b
05/11/2008	0,90 a	2,28 c	1,90 b	0,28 a	0,36 c	0,33 b
19/11/2008	0,99 a	2,26 b	2,01 b	0,27 a	0,34 b	0,37 b
03/12/2008	1,56 a	2,42 b	2,35 b	0,34 a	0,40 b	0,37 ab
12/12/2008	1,56 a	2,45 b	2,47 b	0,32 a	0,42 c	0,37 b
19/12/2008	1,57 a	2,44 b	2,47 b	0,34 a	0,40 c	0,37 b
02/01/2009	1,60 a	2,41 b	2,49 b	0,34 a	0,40 b	0,36 a
09/01/2009	1,62 a	2,45 b	2,54 c	0,34 a	0,40 b	0,36 a
16/01/2009	1,61 a	2,41 b	2,55 c	0,34 a	0,40 c	0,37 b

<sup>1</sup> Pour chaque date et paramètre, les moyennes ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey au seuil de 5 %.

**TABLEAU 3. (Continuation)**

Date	Poids du Fruit <sup>1</sup> (g)			Poids du Noyau (g)		
	Arbequine	Haouzia	Menara	Arbequine	Haouzia	Menara
22/10/2008	0,58 a	1,79 b	1,60 b	2,07 a	5,26 b	5,00 b
05/11/2008	0,62 a	1,91 c	1,57 b	2,22 a	5,30 c	4,76 b
19/11/2008	0,73 a	1,91 c	1,63 b	2,71 a	5,62 c	4,41 b
03/12/2008	1,22 a	2,02 b	1,98 b	3,58 a	5,05 b	5,35 b
12/12/2008	1,24 a	2,03 b	2,09 c	3,87 a	4,83 b	5,65 c
19/12/2008	1,23 a	2,04 b	2,10 c	3,62 a	5,10 b	5,66 b
02/01/2009	1,26 a	2,02 b	2,13 c	3,71 a	5,05 b	5,92 b
09/01/2009	1,28 a	2,05 b	2,18 c	3,77 a	5,13 b	6,05 b
16/01/2009	1,27 a	2,01 b	2,18 c	3,74 a	5,02 b	5,89 b

Figure 1. Évolution de croissance du fruit et du noyau pour Arbequine, Haouzia et Menara dans les conditions pluviales de Meknès pendant la campagne 2008/2009



Ainsi, le poids moyen des fruits, caractère lié à la variété, reste sous l'influence des conditions annuelles du milieu et d'entretien qui peut engendrer des variations importantes.

Le poids moyen du noyau de Haouzia au stade noir est de 0,4 g, inclus dans l'intervalle 0,3 g à 0,45 g du catalogue mondial des variétés d'olivier

(Conseil oléicole international, 2000) reste inférieur à 0,75 g rapporté par l'INRA dans les oliveraies irriguées de la Menara à Marrakech. Pour Menara, le poids moyen du noyau de 0,37 g, reste dans la fourchette 0,3-0,45 g de la fiche variétale du clone Menara dans le Catalogue mondiale des variétés d'olivier (Conseil oléicole international, 2000) et demeure inférieur

à 0,5 g rapporté par l'INRA Marrakech dans les collections irriguées de la Menara. Le poids moyen final de l'endocarpe de l'arbequine est de 0,34 g qui dépasse les valeurs de Romero et Diaz (2005) et ceux de Sweeney (2005) qui avancent un poids de 0,27 g. Taiebi, (2008) a enregistré pour l'Arbequine, en irrigué, un poids d'endocarpe de 0,26 g. Toutefois, Rafik (2008), dans les mêmes conditions pluviales de notre essai, a rapporté un poids du noyau pour l'Arbequine de 0,4 g, alors que pour Menara et Haouzia le poids du noyau était de 0,5 g qui reste supérieur aux poids enregistrés cette année pour les deux clones. Le poids du noyau dépend ainsi des conditions de culture et des conditions climatiques de l'année. Ainsi, le poids moyen de l'endocarpe est un caractère lié à la variété mais qui reste variable en fonction des conditions du milieu et de conduite.

Le rapport Pulpe/Noyau atteint 3,87 pour Arbéquine, 5,62 pour Haouzia et 6,05 pour Menara (Tableau 3). Le rapport de Haouzia est en accord avec les données de la fiche technique de l'olivier (Boulouha et al., 2006a) qui indique un rapport de 4 à 6. Mais pour Menara le rapport dans notre expérimentation est supérieur à celui de la fiche qui est de 3 à 5. Barranco et al., (1999) ont indiqué que les variétés de table doivent avoir un rapport d'au moins 5. Ainsi, les clones marocains dans les conditions de l'essai ont atteint un poids de fruit et un rapport pulpe sur noyau qui leur permet d'être aptes à la conserve. Pour l'Arbéquine, Tous et al., (1998) et Rallo et al., (2005) avaient indiqué un rapport de 3,9 voisin de celui enregistré dans cet essai pour cette année (3,87).

Le rapport L/l et qui représente la forme du fruit, ne change pratiquement pas durant l'évolution de ce dernier pour une variété donnée. La valeur moyenne du rapport L/l est de :

- 1,17 pour l'Arbéquine qui correspond à une forme sphérique
- 1,26 pour Haouzia et 1,31 pour Menara, forme ovoïde, ce qui concorde avec la description du Conseil oléicole international (2000).

### 3.3. Composition des olives

#### 3.3.1. Evolution de l'humidité

La teneur en eau des fruits, des trois variétés, diminue avec la maturation en passant de 61 % à 56 % pour Arbéquine, et de 65 à 56 % pour Menara, et de 65 à 58 % pour Haouzia. Faqih et Hmama (1999), ont rapporté qu'à un stade avancé de maturité, l'humidité enregistre une décroissance légère à cause de la transpiration du fruit. Des observations similaires ont été faites par d'autres auteurs (Atouati, 1991 ; Idrissi, 1994 ; Lachir et Sidi Baba, 1994 ; Lamrini, 1995 ; Rahmani et al., 1997 ; El Cadi et Jamaï, 1998).

Selon la classification proposée par Del Río et Caballero (1994) pour la teneur en eau des olives (Très bas : < 40 ; Bas : 40-50 ; Moyen : 50-60 ; Élevé : 60-70 ; Très élevé : > 70), on peut déduire que les trois variétés peuvent être classées dans la catégorie moyenne.

#### 3.3.2. Évolution de la teneur en huile

L'évolution de la teneur en huile des olives (en pourcentage par rapport à la matière fraîche) pour les trois variétés est consignée dans le tableau 4 et figure 2. Chaque variété a sa propre

teneur en huile qui est une caractéristique variétale. À cet égard, Walali et al. (1984) ont rapporté une différence de la teneur en huile entre les clones de la Picholine marocaine. Boulouha (2006 b) affirme qu'il y a une différence de la teneur en huile par rapport à la matière sèche entre variétés Haouzia (48 %), Menara (56 %) et Arbéquine (37 %). Durant cette campagne et dans les conditions de notre essai, Haouzia et Menara ont une teneur en huile par rapport à la matière fraîche (23 %) plus élevée que l'Arbéquine (17,6 %). Cette dernière reste en dessous des teneurs, rapportées par différents auteurs, de 22,6 % (El Ajal, 2006), et de 23 % (Ouazzani et al., 2002) dans la région de Meknès en vergers irrigués et de 25,7 % (Taiebi, 2008) en irrigué dans la région de Settat. La teneur en huile par rapport à la matière fraîche de l'Arbéquine, en irrigué en Californie, varie de 22 à 27 % (Vossen, 2005). Pour Haouzia, la teneur en huile de 23,3 %, entre dans la fourchette 20-24 % publiée dans la fiche variétale de l'INRA (Boulouha et al. 2006a), et concorde avec la valeur de 23,2 % rapportée par Hadidou et al. (2006) et celle du Catalogue mondial des variétés d'olivier, qui est de 23 % (Conseil oléicole international, 2000). Cependant, des teneurs moins élevées ont été trouvées par El Ajal,

(2006) et Rafik, (2008) avec des teneurs en huile par rapport à la matière fraîche de 20,3 % et 21,8 % respectivement. Menara a donné un taux d'huile de 23,6 % qui correspond à la valeur moyenne de 24 % avancée

par Hadiddou et al., (2006). La même teneur est enregistrée dans le Catalogue mondial des variétés d'olivier (Conseil oléicole international, 2000) et concorde avec la valeur de 23,2 % rapporté par Rafik, (2008).

La teneur en huile des fruits augmente avec la maturité, en passant de 14,5 % à 17,6 % pour Arbéquine, de 18,1 % à 23,3 % pour Haouzia et de 19,5 % à 23,6 % pour Menara. Ces valeurs maximales ont été atteintes en début décembre et la teneur en huile s'est stabilisée après. La différence de la teneur en huile entre les dates des prélèvements a été rapportée par Walali et al., (1984) pour cinq clones de la Picholine marocaine. El Antari, (2006) a rapporté cette différence entre Menara et Haouzia pour des dates de prélèvements situées entre octobre et novembre. La biosynthèse de l'huile est rapide du stade vert des olives jusqu'à leur coloration complète en noir, après quoi, vient une phase de stabilisation de cette teneur en huile (Uceda et Frias, 1975 ; Suarez ; 1984 et Civantos, 1999) voire une petite diminution dans des stades avancés de la maturité (Lachir et Sidi Baba, 1994 ; El Cadi et Jamaï, 1998 et Hmama et Faqih, 1999). Cette diminution de la teneur en huile peut être attribuée à l'accumulation de la matière sèche dans les olives à maturité avancée, mais aussi aux lipases endogènes (actives au stade noir) qui hydrolysent les triglycérides et les acides gras (Harrar, 2007). L'intensité de la lipogénèse est un caractère génétique mais elle dépend aussi des conditions pédocli-

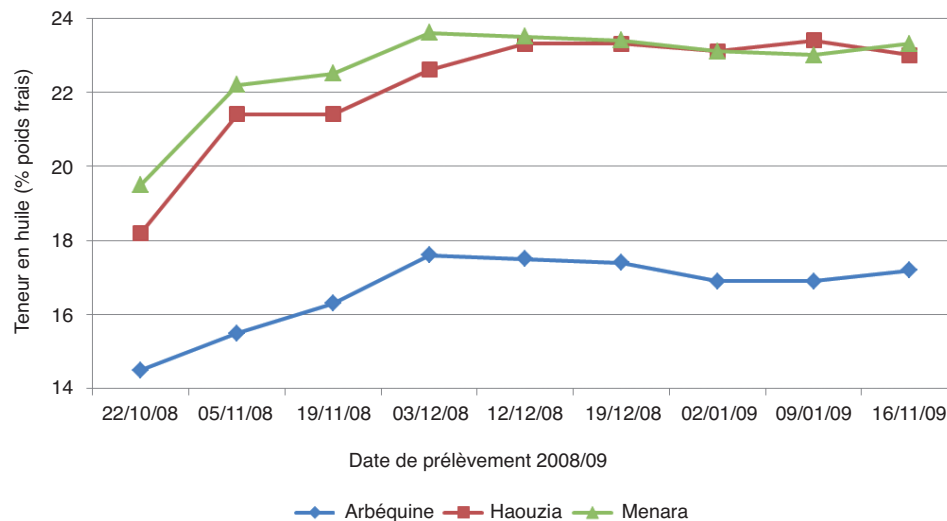
**TABLEAU 4.**

**Évolution de la teneur en polyphénols (en ppm) des olives des variétés Arbéquine, Haouzia et Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc pour la campagne 2008/09**

Date de prélèvement	Arbéquine	Haouzia	Menara
22/10/2008	1731 a <sup>1</sup>	1833 b	1854 c
05/11/2008	1735 a	1933 b	1946 c
19/11/2008	1803 a	2054 b	2123 c
03/12/2008	1833 a	2124 b	2133 c
12/12/2008	1828 a	2127 b	2134 c
19/12/2008	1812 a	2103 b	2125 c
02/01/2009	1755 a	2067 b	2112 c
09/01/2009	1724 a	2013 b	2066 c
16/01/2009	1722 a	1987 b	2032 c
Moyenne	1771,4	2026,8	2058,3

<sup>1</sup> Pour chaque date, les moyennes ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey au seuil de 5 %.

**Figure 2. Évolution de la teneur en huile (en % du poids frais) des variétés Arbéquine, Haouzia et Menara, en conditions pluviales de Meknès pendant la campagne 2008/2009**



matiques et de la conduite (Civantos, 1999).

Il existe une forte corrélation entre l'indice de maturité et la teneur en huile pour les 3 variétés. Les équations qui décrivent le mieux cette relation sont pour :

- Arbéquine :  $y = 1,297x^3 - 14,72x^2 + 54,55x - 48,78$  avec  $R^2=0,953$  (Figure 3)
- Haouzia:  $y = -0,480x^4 + 6,358x^3 - 30,24x^2 + 61,83x - 24,72$  avec  $R^2=0,987$  (Figure 4)
- Menara:  $y = 0,517x^5 - 8,465x^4 + 53,40x^3 - 161,8x^2 + 235,3x - 109,5$  avec  $R^2=0,997$  (Figure 5)

Mahhou & al., (2011) ont rapporté également l'existence d'une forte corrélation entre l'indice de maturité et la teneur en huile d'Arbequine, koroneiki et Picholine marocaine conduites en irrigué dans la région de Settat.

### 3.3.3. Évolution des polyphénols

Le suivi de l'évolution de la concentration en composés phénoliques revêt un intérêt particulier car ces substances agissent sur les caractéristiques organoleptiques de l'huile d'olive et sur sa stabilité oxydative (Chimi, 1987, Chimi et al., 1991). Fantozzi et Montedero (1978), rappor-

Figure 3. Relation entre indice de maturité et teneur en huile (% PF) chez Arbéquine en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc pendant la campagne 2008/09

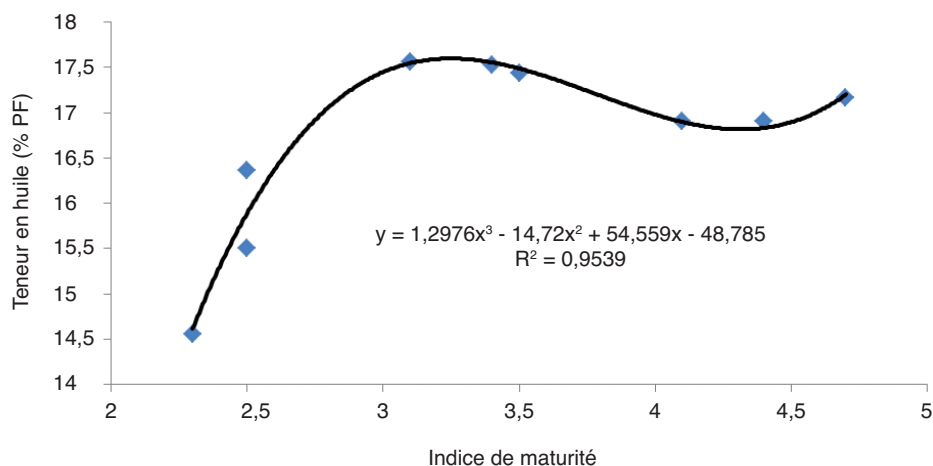


Figure 4. Relation entre indice de maturité et teneur en huile (% PF) chez Haouzia en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc pendant la campagne 2008/09

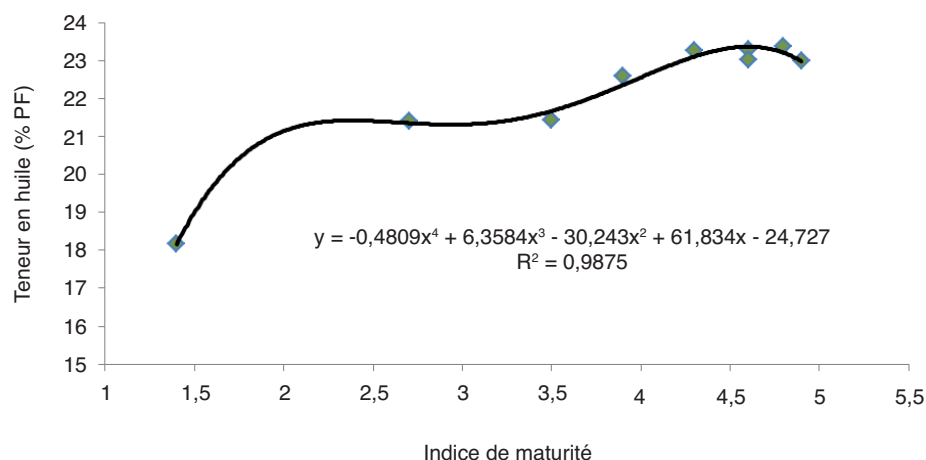
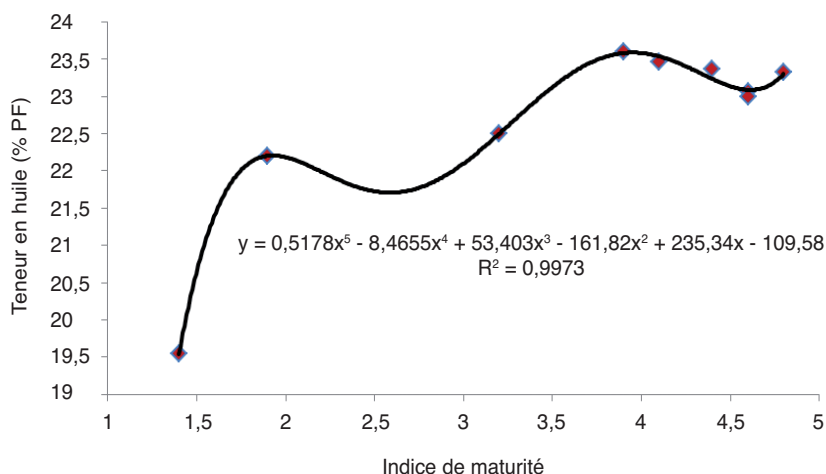


Figure 5. Relation entre indice de maturité et teneur en huile (% PF) chez Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès (Maroc) pour la campagne 2008/09



tent que la concentration des composés phénoliques de la pulpe d'olive évolue en fonction du degré de pigmentation. Elle passe ainsi de 2 065 (mg d'acide gallique/100 g de pâte d'olive sèche) au stade vert, à 2 285 au stade semi-noir puis à 1 997 au stade noir. Les auteurs en concluent que la teneur en polyphénols dans l'olive est optimale au stade semi-noir, et qu'elle est associée, par

ailleurs, aux huiles de meilleure qualité. Haouzia et Menara ont des teneurs en polyphénols nettement supérieures à celle de l'Arbéquine (tableau 5 et figure 6). Pendant la maturation, les polyphénols s'accumulent dans les olives pour atteindre des valeurs maximales de 1 833 ppm pour Arbéquine, 2 127 pour Haouzia et 2 134 pour Menara qui se stabilisent pour quelques temps avant de

commencer à chuter si les olives ne sont pas récoltées. La même tendance de la teneur en polyphénols a été enregistrée par Atouati (1991) qui a rapporté que la teneur en composés phénoliques totaux augmente du stade vert au stade semi noir, puis chute au stade noir. Par contre, cette tendance était inversée pour la teneur en huile qui était maximale au stade noir. Mahhou & al., (2011) ont af-

**TABLEAU 5.**

**Indice de maturité, teneurs en huile (%) et en polyphénols (ppm) des variétés d'olivier, Arbequine, Haouzia et Menara, en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc pendant la campagne 2008/09**

Variété	Date de prélèvement	Indice de maturité	Teneur en huile (% PF)	Polyphénols
<b>Arbéquina</b>	22-10-2008	2,3	14,56	1731
	05-11-2008	2,5	15,50	1735
	19-11-2008	2,5	16,36	1803
	03-12-2008	3,1	<b>17,56</b>	<b>1833</b>
	12-12-2008	3,4	17,53	1828
	19-12-2008	3,5	17,44	1812
	02-01-2009	4,1	16,90	1755
	09-01-2009	4,4	16,90	1724
	16-01-2009	4,7	17,16	1722
	<b>Haouzia</b>	22-10-2008	1,4	18,16
05-11-2008		2,7	21,40	1933
19-11-2008		3,5	21,43	2054
03-12-2008		3,9	22,60	2124
12-12-2008		4,3	23,26	<b>2127</b>
19-12-2008		4,6	<b>23,30</b>	2103
02-01-2009		4,6	23,03	2067
09-01-2009		4,8	23,36	2013
16-01-2009		4,9	23,00	1987
<b>Menara</b>		22-10-2008	1,4	19,54
	05-11-2008	1,9	22,20	1946
	19-11-2008	3,2	22,50	2123
	03-12-2008	3,9	<b>23,60</b>	2133
	12-12-2008	4,1	23,46	<b>2134</b>
	19-12-2008	4,4	23,37	2125
	02-01-2009	4,6	23,03	2112
	09-01-2009	4,6	23,00	2066
	16-01-2009	4,8	23,33	2032



firmé que les teneurs en polyphénols ont une allure croissante avec une valeur maximale de 1 823 ppm pour Arbequine, 2 192 ppm pour Koroneiki et 2 113 ppm pour la Picholine marocaine, puis elle prend une allure décroissante vers le début décembre pour les trois variétés étudiées dans la région de Settât en verger irrigué.

Nous avons déterminé les relations entre l'indice de maturité et la teneur des olives en polyphénols. La corrélation existante entre la teneur en polyphénols et l'indice de maturité est très forte pour les trois variétés. Elle est décrite par les équations :

- Arbequine :  $y = 53,04x^3 - 621,5x^2 + 2322x - 976,8$  avec  $R^2=0,855$  (Figure 7)
- Haouzia:  $y = -49,70x^3 + 436,8x^2 - 1075x + 2620$  avec  $R^2=0,98$  (Figure 8)
- Menara :  $y = -13,05x^3 + 65,34x^2 + 64,77x + 1673$  avec  $R^2=0,98$  (Figure 9)

Mahhou & al., (2011) ont rapporté également l'existence d'une forte corrélation entre l'indice de maturité et la teneur en huile d'Arbequine, koroneiki et Picholine marocaine conduites en irrigué dans la région de Settât.

Figure 6. Évolution de la teneur en polyphénols (en ppm) des olives, des variétés Arbequine, Haouzia et Menara, en conditions pluviales dans la région de Meknès (Maroc) pour la campagne 2008/09

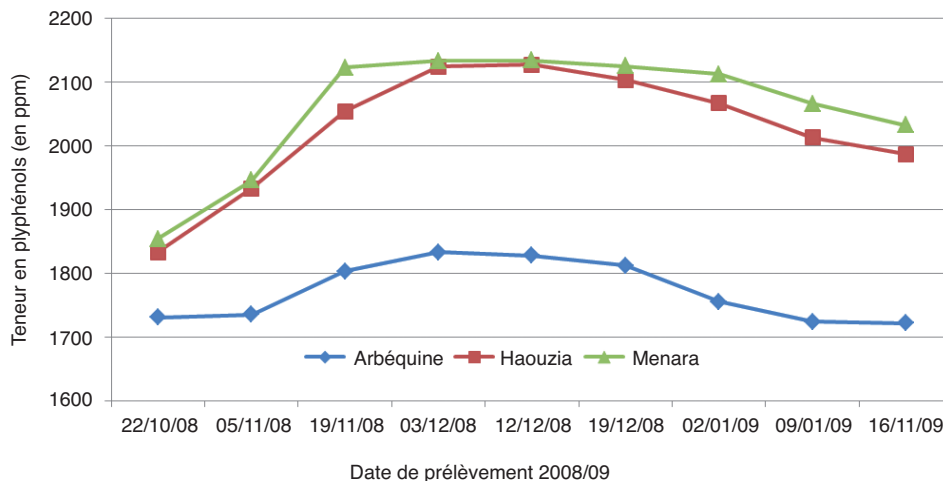


Figure 7. Relation entre l'indice de maturité et la teneur en polyphénols (ppm) chez Arbequine en conditions pluviales dans la région de Meknès (Maroc) pour la campagne 2008/09

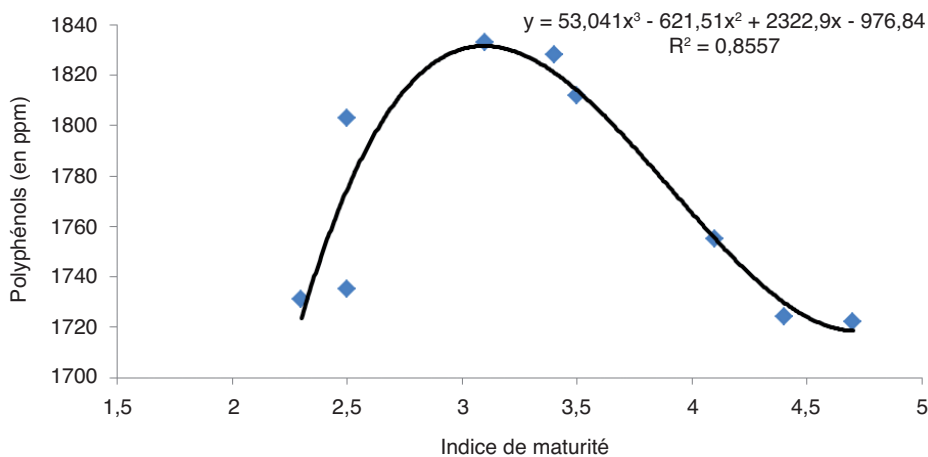
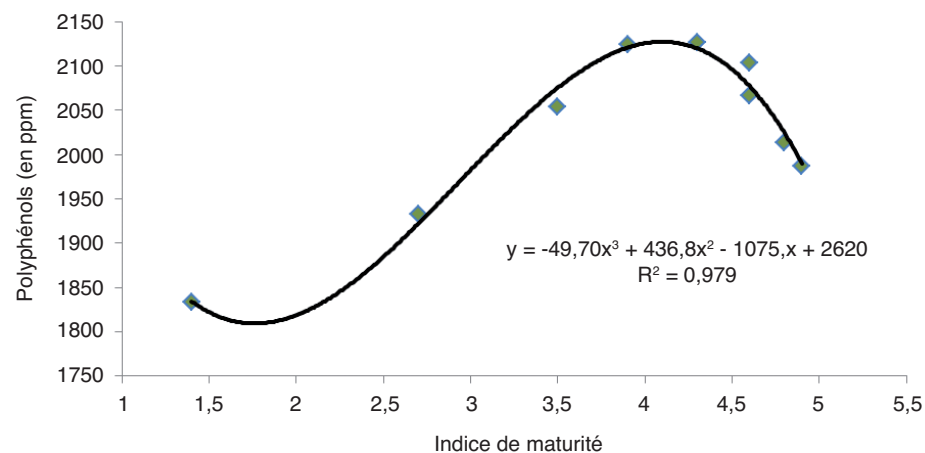


Figure 8. Relation entre l'indice de maturité et la teneur en polyphénols (ppm) chez Haouzia en conditions pluviales dans la région de Meknès (Maroc) pour la campagne 2008/09

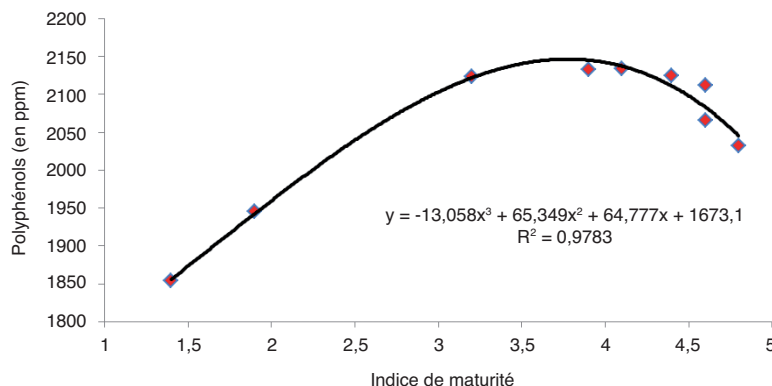


### 3.3.4. Acides gras

Pour l'acide oléique, Haouzia et Menara ont des valeurs supérieures (76,4 % et 76,8 %) à celle de l'Arbéquine (66,6 %). Ces valeurs concordent avec celles (76,3 % et 76,6 %) rapportées pour Haouzia et Menara par El Ajal, (2006). El Alami, (2003) a trouvé des valeurs de 74,62 % pour Haouzia et 68,58 % pour Menara. Pour Arbéquine la teneur que nous avons trouvée de 66,6 % est supérieure aux valeurs de 62,3 % (El Antari, 2006) et de 60,4 % (El Antari, 2003). Cependant, d'autres auteurs ont rapportés des teneurs plus élevées que la notre ; 68,2 % (Romero et Diaz, 2005) ; 70,8 % (Ouazzani, 2005) et 74,6 % (El Ajal, 2006). Chaque variété d'olivier a sa propre teneur en acide oléique. Romero et Diaz (2005) ont trouvé une différence entre sept variétés pour ce paramètre qui peut aller de 61,23 % pour Blanquette à 78,28 % pour Picual. Ouazzani, (2005) a observé cette différence entre variétés avec 80,24 % pour Picual et 70,85 % pour Arbéquine.

Pour l'acide linoléique, Arbéquine a une teneur (13,7 %) supérieure à celles de Haouzia et Menara (de l'ordre de 10 %). Ces valeurs concordent avec les résultats: 9,41 % pour Haouzia) (El Ajal, 2006) et 10,9 % pour Menara (Ouazzani, 2005). Toutefois, des

Figure 9. Relation entre l'indice de maturité et la teneur en polyphénols (ppm) chez la Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès (Maroc) pour la campagne 2008/09



valeurs de 11,69 % pour Haouzia et 15,12 % pour Menara ont été rapportées par El alamy (2003). Pour l'Arbéquine, la valeur de 13,7 % d'acide linoléique concorde avec celle trouvée par El Antari, 2006 qui est de 13,98 %, mais dépasse largement les 8,08 % rapporté par El Ajal, (2006).

Cette variation de ces teneurs en acides gras entre les auteurs peut être expliquée par les conditions climatiques et les conditions de production. Les teneurs en acides oléique et linoléique augmentent pour les trois variétés jusqu'à la dernière décade du mois de novembre, à partir de laquelle on assiste à une stabilisation.

### 3.4. Détermination de la période optimale de récolte

La détermination du stade optimal de récolte des olives

destinées à la trituration, vise l'identification d'un stade de maturité où la teneur en huile est élevée (quantité) et où le niveau des polyphénols est satisfaisant.

La période optimale de récolte, doit être déterminée alors, sur la base des teneurs en huile et des polyphénols. Le tableau 6 résume les résultats des critères permettant de déterminer la période optimale de récolte.

Les figures 10, 11 et 12 montrent la période d'intersection des valeurs maximales des teneurs en huile et en polyphénols en relation avec l'indice de maturité. C'est la période optimale de récolte des olives. Ces figures permettent de situer la période optimale de récolte pour les trois variétés en mettant en relation l'indice de maturité et les teneurs en huile et en polyphénols des olives (Tableau 6).

TABLEAU 6.

Périodes optimales de récolte pour Haouzia, Menara et Arbéquine, sur la base de l'indice de maturité, et des teneurs en huile (% pf) et la teneur en polyphénols (ppm), en conditions pluviales dans la région de Meknès pour la campagne 2008/09

Variétés	Indice de maturité	Polyphénols (ppm) (% PF)	Teneur en huile (% PF)	Période optimale de récolte
Arbéquine	3,1 à 3,5	1812 à 1833	17,44 à 17,56	Du 03 au 19 décembre
Haouzia	3,9 à 4,6	2067 à 2127	22,6 à 23,3	Du 03 décembre au 02 janvier
Menara	3,9 à 4,6	2112 à 2134	23,03 à 23,6	Du 03 décembre au 02 janvier

### 3.5. Rendements

Les rendements des variétés pendant les 4 dernières campagnes sont reportés

dans le tableau 7 et la figure 13. Arbéquine est la variété la plus productive cette année dans les conditions de l'essai, avec un rendement

de 68 kg/arbre suivi de Menara avec 63 kg/arbre et Haouzia avec 48 kg/arbre. Les rendements obtenus sur Arbéquine et Menara sont nettement supérieurs à ceux enregistrés pour la campagne précédente avec une augmentation respective de 106 % pour l'Arbéquine, 6 % pour Haouzia et 50 % pour Menara. Considérant les moyennes obtenues durant ces quatre dernières campagnes, Menara est en tête avec 44 kg/arbre suivi de l'Arbéquine avec 37,25 kg/arbre et Haouzia 35,5 kg/arbre.

Figure 10. Évolution de la teneur en huile (% PF) et polyphénols (ppm) en relation avec l'indice de maturité chez Arbéquine en conditions pluviales dans la région de Meknès pour la campagne 2008/09

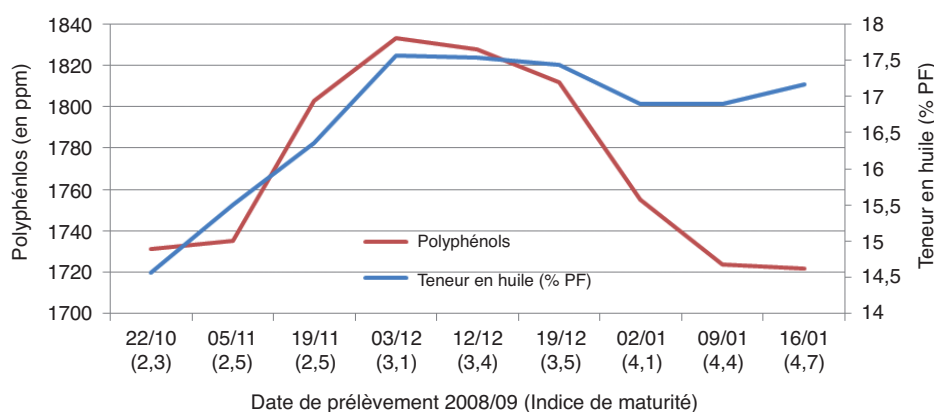
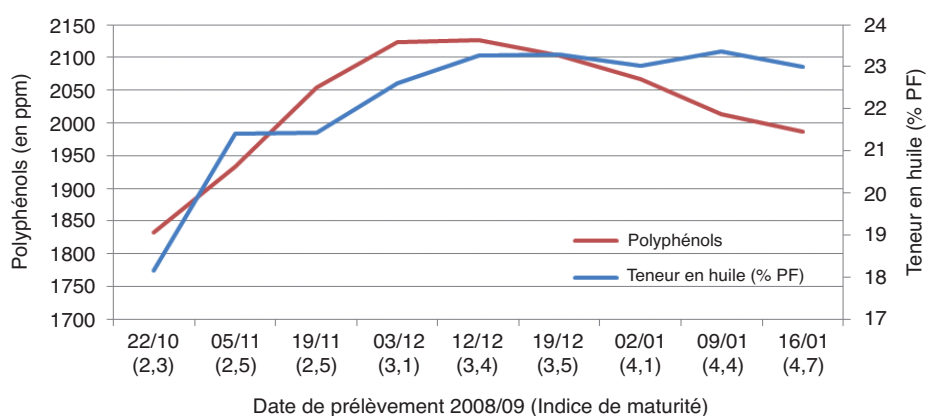


Figure 11. Évolution de la teneur en huile (% PF) et polyphénols (ppm) en relation avec l'indice de maturité chez Haouzia en conditions pluviales dans la région de Meknès pour la campagne 2008/09



## CONCLUSION

Dans cette étude, menée pendant la campagne 2008/2009, nous avons évalué les performances des deux clones de la Picholine marocaine, Haouzia et Menara et de la variété espagnole, Arbéquine en conditions pluviales dans la région de Meknès. La pluviométrie moyenne dans la zone est de 500 mm, alors

Figure 12. Évolution de la teneur en huile (% PF) et polyphénols (ppm) en relation avec l'indice de maturité chez Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès pour la campagne 2008/09

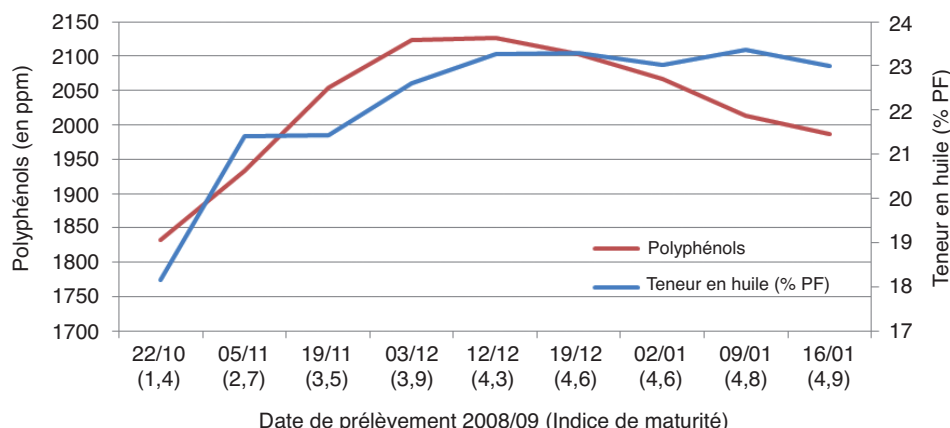
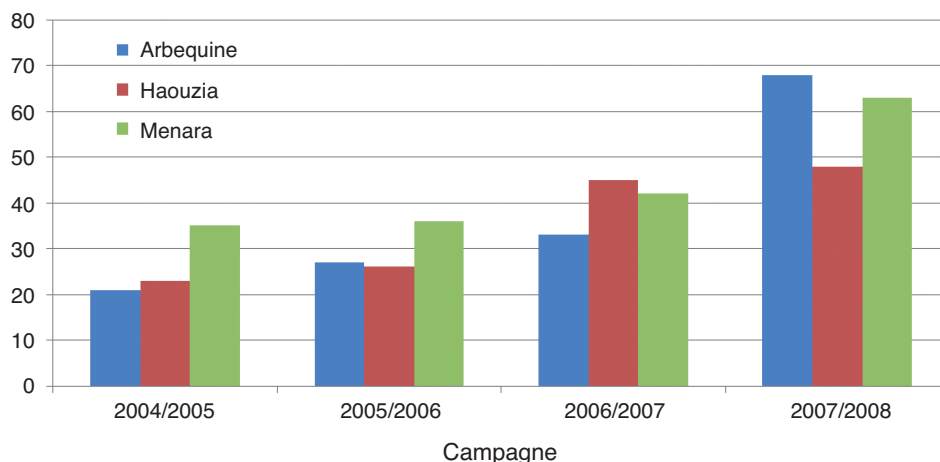


TABLEAU 7.

Rendement en kg/arbre des variétés d'olivier Arbéquine, Haouzia et Menara dans les conditions pluviales dans la région de Meknès

Variété	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	Moyenne
Arbéquine	21	27	33	68	<b>37,25</b>
Haouzia	23	26	45	48	<b>35,5</b>
Menara	35	36	42	63	<b>44</b>

Figure 13. Rendement en kg/arbre des variétés Arbéquine, Menara et Haouzia dans les conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc pour quatre campagnes



qu'elle a été de 700 mm pour cette campagne. L'indice de maturité est passé de 2,3 à 4,7 pour Arbéquine, de 1,4 à 4,8 pour Haouzia et de 1,4 à 4,9 pour Menara entre début octobre et mi-janvier. La teneur en eau des olives des trois génotypes, a tendance à diminuer avec l'avancement de la maturité. Cependant les fortes précipitations qui ont caractérisé cette année ont conduit à de légères augmentations des taux d'humidité des olives en fin de cycle. L'humidité de Menara et Haouzia a été plus importante que celle de l'Arbéquine. Quant à la teneur maximale en huile par rapport à la matière fraîche, elle a été atteinte pour la variété Menara au début décembre avec 23,6 %, qui est similaire à la valeur 23,2 % trouvée par Rafik (2008). Il a été suivi par Haouzia avec 23,3 % en mi-décembre, valeur supérieure à celle enregistrée par Rafik (2008) avec 21,8 %, et l'Arbéquine avec 17,56 % dès le début de décembre qui reste très loin de la valeur trouvée par Taeibi, (2008) de 25,7 % dans la région de Settat en verger irrigué, et supérieure à la valeur enregistrée par Rafik (2008), dans le même verger de notre étude (16,6 %). La teneur maximale en polyphénols enregistrée pour l'Arbéquine était de 1833 ppm. Elle est plus faible par rapport à celles de Menara et Haouzia avec 2134 ppm et 2127 ppm respectivement. La concentra-

tion des deux acides gras, oléique et linoléique, a montré des pourcentages d'acide oléique plus grands, pour les deux clones locaux avec 76,5 % pour Haouzia et 76,8 % pour Menara, contre 66,7 % pour Arbéquine. Cependant, pour l'acide linoléique, l'inverse a été observé avec une teneur de 13,7 % pour Arbéquine contre une teneur voisine de 10 % pour Haouzia et Menara.

La période optimale de récolte en conditions pluviales dans la région de Meknès a été déterminée sur base des teneurs en huile et en polyphénols. Elle s'est située, pour cette année, pour :

- Arbéquine : Du 3 au 19 décembre avec des indices de maturité entre 3,1 et 3,5.
- Menara et Haouzia : Du 3 décembre au 2 janvier avec des indices de maturité passant de 3,9 à 4,6

Les rendements enregistrés de cette année étaient supérieurs à ceux des trois dernières campagnes dans le même verger notamment avec 68 kg/arbre, 48 kg/arbre et 63 kg/arbre pour Arbéquine, Haouzia et Menara respectivement.

La période de floraison de l'Arbéquine s'est étalée du 8 avril jusqu'au 29 avril. Pour Menara et Haouzia elle

a commencé le 15 avril et s'est terminée vers le 5 et 8 mai pour la Menara et la Haouzia respectivement. Le chevauchement des périodes de floraison de Menara et Haouzia, partiellement intercompatibles, devrait améliorer les taux de nouaison des deux génotypes. Les taux de nouaison enregistrés étaient de 15 % pour Arbéquine, 12 % pour Menara et 11 % pour Haouzia.

Les résultats de notre étude viennent compléter ceux de Rafik (2008). Ils confirment que les trois génotypes sont adaptés aux conditions pluviales de la région de Meknès. Cependant, les clones Haouzia et Menara présentent une certaine supériorité avec un fruit de plus gros calibre et des teneurs et des qualités d'huile supérieures. ■

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Atouti, B.Y., 1991. Évolution des caractéristiques carpométriques et de la fraction phénolique totale avec le stade de maturité des olives, variété Picholine Marocaine. Mémoire de 3ème cycle. Option : I.A.A. I.A.V. Hassan II, Rabat.

Boulouha B., Oukabli A., Hadiddou A., Sikaoui E., Ouguas Y. et Mamouni A., 2006a. Fiche technique olivier. Edt INRA, Rabat.

Boulouha, B. 2006. Forum Oléa. Marrakech, 25 mai.

Chimi H. 1987. Dosage des composés phénoliques de l'huile d'olive vierge et comparaison avec leurs pouvoirs antioxydants respectifs. Mémoire de 3ème cycle Agronomie Option IAA, IAV Hassan II, Rabat, 1987.

Civantos L, 1999. Obtención del aceite de oliva virgen. 2ª Edición. Editorial Agrícola Española, S.A. Artes Gráficas COIMOFF, SA., Madrid, Spain.

Conseil oléicole international, 2000 (Castañeda C. Barranco Navero D., Cimato A., Fiorino P., Rallo Romero L., Touzani A., Serafini F. et Trujillo Navas D): Catalogue mondial des variétés d'olivier. Édition conseil oléicole international, 360p.

Del Río, C., J. M. Caballero et M. Dolores García-Fernández. 2005. Chapitre 2 : « Variedades de olivo en España » (Libro II: Variabilidad y selección).

El Ajal A. 2006. Évaluation des performances agronomiques des variétés étrangères et locales d'olivier cultivées dans les conditions pédoclimatiques de la région de Meknès du Maroc. Mémoire de 3ème cycle, option Sciences et techniques de la production fruitières. ENA Meknès.

Elantari, A et El Moudni, A et Ajana, H et Cert, A. 2003 « Étude de la composition lipidique de deux compartiments du fruit d'olive (pulpe et amande) de six variétés d'oliviers cultivées au Maroc », *Olivae* n° 98 pages 20-28.

EL CADI, H. et JAMAÏ, M. A., 1998, « Contribution à l'étude de l'amélioration de la qualité de la production oléicole dans la zone d'action de l'ORMVA du Tadla ». Mémoire de 3ème cycle Agronomie Option IAA, IAV Hassan II, Rabat.

El Antari, 2006 Étude de la qualité de l'huile des variétés d'olivier sélectionnées par L'INRA-Maroc » Edition Journée Olivier la recherche agronomique et la profession, ensemble pour le développement durable de l'oléiculture nationale.

FAQIH, H. et HMAMA, M., 1999, « Contribution à l'amélioration de la qualité de production oléicole dans la zone d'action de l'ORMVA du Tadla ». Mémoire de 3ème cycle Agronomie Option IAA, IAV Hassan II, Rabat.

FONTOZZI, P. et MONTEDERO, G. 1978 « Dosage des composés phénoliques dans les drupes des olives récoltées à différents stades de maturation ». IAA, 1335-1339.

Hadiddou A., K.Bencheqroun O. Mamouni A., Oukabli A. et Mekaoui A., 2006 « Performances des obtentions INRA d'olivier et des variétés étrangères sous les conditions pluviales » Edition Journée Olivier la recherche agronomique et la profession, ensemble pour le développement durable de l'oléiculture nationale.

Harrar, 2007 Contribution à l'amélioration de la qualité de la production oléicole dans la zone d'action de la DPA de Khénifra. Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Industries Agricoles et Alimentaires, IAV Hassan II, Rabat.

Idrissi, My A., 1994. Diagnostic du Secteur Oléicole au Maroc. Cas du Haouz. Mémoire de 3ème cycle. Département de Chimie-Biochimie alimentaire I.A.V. Hassan II, Rabat.

LACHIR, B. et SIDI BABA, A. 1994 « Diagnostic du secteur oléicole au Maroc, cas de la région de Fès ». Mémoire de 3ème cycle Agronomie Option IAA, IAV Hassan II, Rabat.

LAMRINI, M., 1995 « Détermination de la date optimale de maturité des olives à huile (var, Picholine marocaine) ». Mémoire de 3ème cycle Agronomie Option IAA, IAV Hassan II, Rabat.

MAPM, 2012 : Bilan de la campagne oléicole, DPV, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Rabat Maroc.

Mahhou & al. (2011) OLIVAE n° 116, 2011, Performance et qualité de production des variétés d'olivier Arbéquine, Koroneiki et Picholine marocaine conduites en irrigué dans la région de Settat (Maroc).

Ouazzani N., Idrissi A., El Ghazi N., Lumaret R., 2002. Varietal structure of Moroccan olive germplasm: evidence from genetic markers and morphological characteristics. *Acta Hort.* 586, 30 October, Valenzano, Italy.

Rafik, 2008, Évaluation du comportement de 11 variétés d'olivier (Carolea, Leccino, Arbéquine, Manzanilla, Agvalik, M26, K26, S19), retenues par l'INRA, en zone pluviale (Ain Taoujdate) ». Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie option Horticulture. IAV Hassan II, Rabat.

Rallo Romero L., Barranco D., Caballero J. M., Del Rio C. Martin A., Tous J. et Trujillo I., 2005. Variedades de olivo en Espana. Eds. Junta de Andalucia, MAPA y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Romero Agustí et Joan Tous, Juan F. Hermoso, Joan

Plana, 2005 Dept. d'Arboricultura Mediterrània, Centre "Mas Bové", IRTA, Reus-Constantí (Tarragona); Estación Experimental del Ebro, IRTA, Amposta (Tarragona), Espagne.

Rahmani, M. ; Lamrini, M. et Csallany, S., 1997, « Mise au point d'une méthode simple pour déterminer l'époque de récolte des olives », *Olivae* n° 69, pp 48-51.

Sweeney, S. 2005. National olive variety assessment – NOVA- Stage 2. Rural Industries Research and Development Corporation Publication No. 05/155, Project No. SAR-47A.

Suarez M.P., Fernández-Escobar R. et Rallo L., 1984. Competition among fruit in olive. II. Influence of inflo-

rescence or fruit thinning and cross-pollination on fruit set components and crop efficiency. *Acta Horticulturae*, 149:131-143.

Taiebi, 2008 « Production et qualité d'huile de trois variétés d'olivier : Arbéquine, Koroneiki et Picholine marocaine dans la région de Settat ». Mémoire de troisième cycle pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en Agronomie option Horticulture. IAV Hassan II, Rabat.

Tous J., Romero A., Plana J., 2005. Vigor – Chapter 2, *in* Variedades de olivo en España (Libro II: Variabilidad y selección).

Uceda M. et Frías L., 1975. Época de recolección, evolución del contenido graso del fruto y de la composición y calidad del aceite. II

seminario oleícola internacional. Córdoba.

Vázquez Roncero, A. ; Janer Del Valle, C. Et Janer Del Valle, M.L, 1973, « Détermination de la teneur en polyphénols totaux dans l'huile d'olive ». *Grasas y Aceites*, Vol. 24, N° 6, pp 350-357.

Vossen, P. 2005. Producing Olive Oil. In *Olive Production Manual*, 2nd edition. University of California Ag and Natural Resources publication, 157–173.

Walali, L. ; Chmitah, M. ; Loussert, R. ; Mahhou, A. et Boulouha B., 1984, « Caractères morphologiques et physiologiques de clones d'olivier, Picholine marocaine ». *Olivae* n° 3, pp 26-31.

# Conception et conduite des oliveraies en haie : effet sur la production et la qualité de l'huile

M. Gómez del Campo<sup>1</sup>, E. Trentacoste<sup>1,2</sup> et D. J. Connor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de production végétale : phytotechnie, Université polytechnique de Madrid.

<sup>2</sup> Station expérimentale agricole Junín (INTA), Mendoza, Argentine.

<sup>3</sup> School of Land and Environment, The University of Melbourne, Victoria, Australie.

## RÉSUMÉ

L'oliveraie en haie, adaptée à la récolte à l'aide d'une vendangeuse modifiée, représente une alternative viable aux oliveraies destinées à la récolte avec des vibreurs de tronc. Ses principaux avantages sont les suivants : productions élevées les premières années, faibles coûts de production, moins de main-d'œuvre et récolte rapide au meilleur moment. Cependant, ces caractéristiques ne sont possibles qu'avec des structures optimales entretenues dans le temps. Le captage du rayonnement solaire est le facteur déterminant de la production d'huile ; ainsi, la structure optimale de la haie devra être axée sur la maximisation de l'ensoleillement de la frondaison. Etant donné que l'oliveraie en haie a été récemment implantée, on ignore la réponse de la production et de la qualité de l'huile pour les haies de différentes tailles dans différents lieux. Les simulations de production et de qualité d'huile pour différentes conceptions seront utiles pour le secteur oléicole au moment de choisir la structure optimale. Le présent article décrit les avancées réalisées en ce sens ainsi que les défis que les agriculteurs et chercheurs devront relever.

**Mots-clés** : Culture ultra-intensive, mécanisation de la récolte, structure de la haie, largeur d'interligne, orientation.

## HAIE D'OLIVIERS

La frondaison des oliviers présente certaines particularités qu'il convient de décrire avant d'aborder les caractéristiques de la haie. Les feuilles sont de petite taille, de poids spécifique élevé et sont persistantes même en hiver alors que les fruits sont petits, distribués au niveau de la frondaison et situés principalement dans des zones lumineuses. Feuilles et fruits se trouvent sur des branches souples. Cet ensemble d'organes végétatifs et fructifères peut être conduit de différentes façons, le vase et la haie étant les systèmes de conduite les plus utilisés (Figure 1). La haie est un système de conduite dans lequel la végétation de la frondaison est distribuée de manière continue tout au long de la ligne de plantation et présente deux faces verticales avec une inclinaison déterminée. En vue d'obtenir un système continu de végétation, il est nécessaire de réduire la distance entre les arbres sur la

ligne. Ce système de culture représente non seulement une augmentation de la densité de plantation mais également un changement de la géométrie de la frondaison qui affecte le microclimat des feuilles, des fruits et du sol, en modifiant le rayonnement reçu, la température, le vent et l'humidité. Cela provoque de grands bouleversements sur la réponse des oliviers puisque la physiologie des arbres isolés diffère de la physiologie des oliviers plantés en haie.

Les dimensions des haies sont très diverses et dépendent des conditions de culture et de leur conduite (Figure 2). La haie peut être réalisée selon différentes densités de plantation. Il existe des haies dans des oliveraies commerciales dont les hauteurs sont comprises entre 2,5 et 5 m et les largeurs entre 1 et 4 m.

## HAIES D'OLIVIERS DESTINÉS À ÊTRE RÉCOLTÉS À LA VENDANGEUSE

Ce sont les coûts élevés de la récolte qui ont déterminé les dimensions de la haie. La possibilité de récolte avec des machines travaillant en continu a représenté, dans de



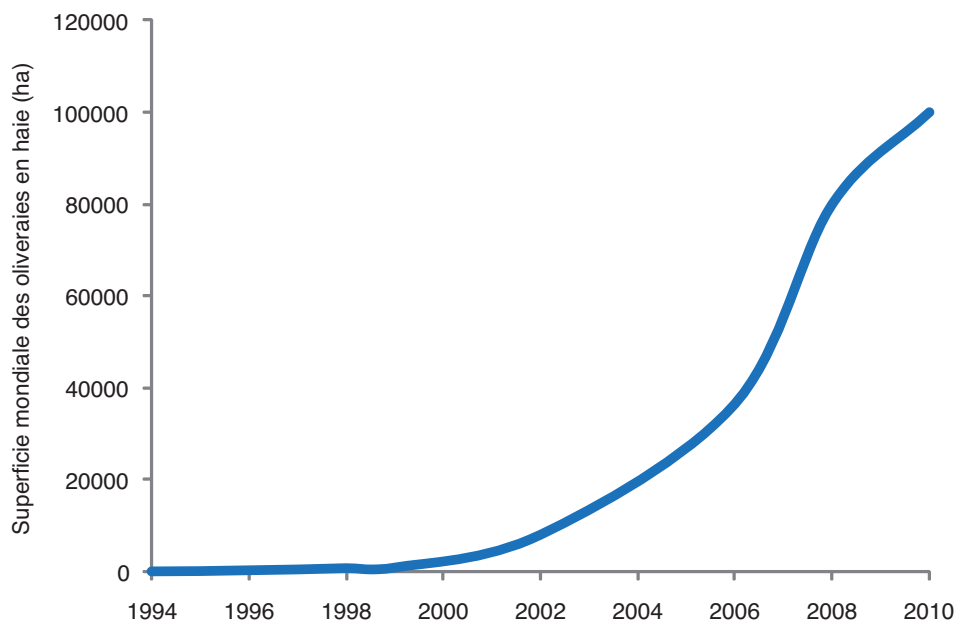
loppées 30 ans plus tôt aux États-Unis pour la vendange des raisins et, après quelques légères modifications, elles étaient capables de récolter les olives pendant les premières années des oliveraies. Quelques années plus tard, des prototypes destinés à la récolte des olives font leur apparition : il s'agit de machines de plus grandes dimensions qui permettent d'enjamber des haies plus volumineuses. Dès lors, la superficie mondiale des oliveraies en haie destinées à la récolte avec une vendangeuse n'a cessé de croître (Figure 4). La densité de plantation est variable. Sur des terrains irrigués, l'on recense entre 1 250 et 1 975 oliviers/ha, pratiquement 10 fois plus que les oliveraies traditionnelles, d'où l'expression «oliveraie ultra-intensive». Actuellement, dans les zones où l'eau est rare, les lignes sont espacées de 5 à 6 m et la distance entre les oliviers varie de 1,5 à 2 m. Les densités de plantation sont réduites, respectivement, à 833 et 1 333 oliviers/ha.

Les oliveraies en haie constituent une alternative viable aux oliveraies intensives en vase (200-350 oliviers/ha) destinées à la récolte à l'aide de vibreurs de tronc. La compétitivité des oliveraies en haie est due aux rendements élevés qui sont obtenus dès les premières années, aux coûts de récolte abaissés et au besoin de main-d'œuvre inférieure.

Figure 3. L'oliveraie en haie, adaptée à la récolte avec une vendangeuse modifiée, a fait son apparition en Espagne au début des années 90. La grande réussite du secteur oléicole a été sur le plan de concevoir et de conduire des oliveraies permettant de récolter les olives avec cette machine qui travaille en continu et qui n'a cessé d'être modernisée et améliorée depuis plus de 30 ans. La conduite des oliveraies doit permettre à la machine de travailler rapidement tout en abîmant le moins possible les arbres. Les modèles d'enjambeur actuels permettent de récolter dans des oliveraies en haie de 3,30 m de hauteur et 1 m de largeur



Figure 4. Evolution mondiale de l'oliveraie en haie adaptée à la récolte avec enjambeur



une huile d'excellente qualité étant donné que les olives peuvent être récoltées à n'importe quel moment et qu'elles proviennent exclusivement des arbres. D'autre part, la vitesse élevée de la récolte réduit le temps d'attente des olives sur le terrain

avant leur traitement dans les huileries. Toutefois, les agriculteurs et les chercheurs sont confrontés à des problèmes et des défis concernant la conception et la conduite des oliveraies en haie que nous aborderons ci-après.

## RAYONNEMENT ET PRODUCTION D'OLIVES

La production des oliviers dépend du rayonnement solaire incident et de sa distribution dans les haies ; cependant la réponse des oliviers à la lumière n'a fait l'objet que de rares études dans la mesure où le rayonnement solaire ne constitue pas un facteur limitant pour les oliveraies traditionnelles. Dans les oliveraies en haie qui ne conservent pas une structure adéquate au fil du temps, le rendement diminue (Pastor *et al.*, 2007). Les premières expériences effectuées avec des haies plantées très près les unes des autres ont révélé que les parties basses commençaient à se dégarnir et que la charge en fruits s'élevait vers la partie supérieure de la frondaison au fur et à mesure que la haie grandissait. Par conséquent, la conception et la conduite des haies afin de maintenir des caractéristiques optimales sont décisives pour obtenir un système de plantation rentable.

L'Université polytechnique de Madrid, en collaboration avec l'Université de Melbourne (Australie), a débuté en 2006 les premiers travaux sur des oliveraies en haie dans le but de fournir au secteur oléicole des outils pour la conception et la conduite des haies de dimensions optimales. La première étape a consisté à concevoir un outil permettant de connaître rapidement le rayonnement solaire reçu par

les haies aux caractéristiques différentes. Connor, (2006) a développé un modèle théorique qui prédit le rayonnement intercepté par les différents niveaux d'une haie opaque (mur sans pores) à partir de ses caractéristiques (hauteur, interligne des haies et orientation), latitude du lieu et jour de l'année, ces derniers déterminant la hauteur du soleil et l'azimut (Figure 5). Ce modèle est fondé sur les théories développées par Cain (1972), Jackson et Palmer (1972, 1980). Constatant que de nombreuses haies adaptées à la récolte avec un enjambeur étaient étroites et clairsemées, Connor *et al.*, (2009) introduit le facteur de porosité dans le modèle. À mesure que le soleil se dirige vers le zénith et que l'azimut change, le rideau que forment les haies est ensoleillé de la frondaison jusqu'à la partie la plus basse. La

longueur du rideau de la haie ensoleillée détermine l'ensoleillement de la haie ainsi que la réponse de la photosynthèse. Le modèle tient également compte du rôle que joue le rayonnement diffus qui, même s'il est réduit (autour de 10 %) par rapport au rayonnement horizontal incident, est important lorsque le ciel est couvert. Ce modèle a été validé selon des mesures journalières de rayonnement incident sur des haies orientées N-S et E-O (Connor *et al.*, 2009). Le premier modèle évalue les profils de rayonnement incident sur la surface externe de la haie puis le rayonnement capté est calculé (rayonnement incident moins le rayonnement traversant la haie) en utilisant les estimations de porosité de la haie obtenues à partir de photographies de la haie sur fond rouge ou blanc (Figure 6).

L'étape suivante de notre étude a consisté à déterminer la réponse de la production d'huile et de ses composantes aux différents niveaux de rayonnement dans le but d'établir les seuils de rayonnement pour les différents processus physiologiques impliqués. Des études préalables avaient déjà révélé la sensibilité au rayonnement de la floraison, de la croissance végétative, de la nouaison, de la taille des olives et de la teneur en huile (Ortega-Nieto, 1945 ; Tombesi et Standardi, 1977 ; Tombesi et Cartechini, 1986 ; Acebedo *et al.*, 2000). Il avait été constaté lors de ces études que le poids sec des fruits et le rendement en huile augmentaient de manière linéaire à mesure que le rayonnement incident sur la haie en octobre, mois où la synthèse de l'huile est maximale (Figure 7), augmentait. Toutefois, la production dépendant principalement du nombre d'olives, cette composante de la production dépend du rayonnement mais sa réponse est différente pour chaque oliveraie et année. D'après l'analyse des données issues de 11 oliveraies, le rapport entre la densité de fruits et le rayonnement a donné  $R^2 = 0,30$ , cependant lors de la détermination des rapports individuels  $R^2$  avait atteint la valeur de 0,70 (Connor *et al.*, 2012).

## RAYONNEMENT ET QUALITÉ DE L'HUILE

La position des olives dans la haie détermine égale-

Figure 5. Coupe perpendiculaire à la ligne de la haie. Les haies se caractérisent géométriquement par leur hauteur (d), l'angle par rapport à la verticale (s = 0 pour les haies rectangulaires) et la largeur de la base (w). La hauteur de la haie au-dessus du niveau du sol (h) est calculée par addition de la hauteur de la haie (d) à la distance du sol jusqu'aux premières feuilles (t). La largeur d'interligne ou la distance entre les lignes d'arbres (r) est égale à la distance aux faces de haie contiguë ou d'interligne (a = r - w). Ces paramètres, ajoutés au facteur de porosité et à l'orientation des lignes, permettent de caractériser une haie

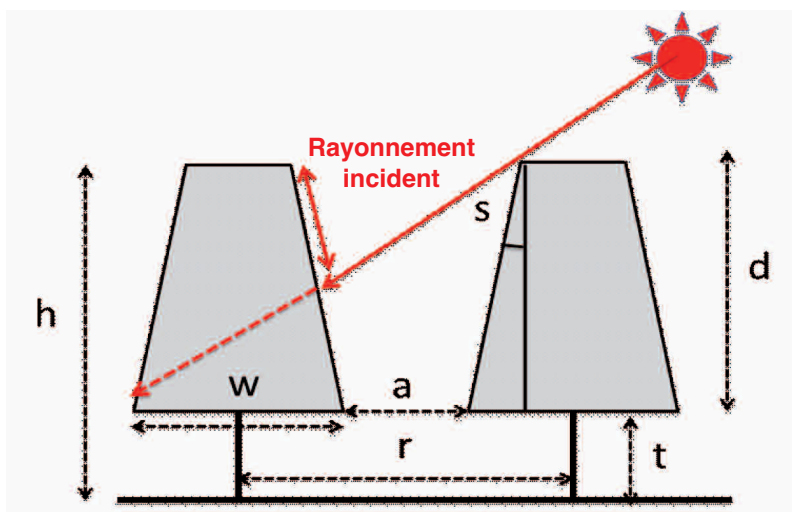


Figure 6. Effet de la largeur d'interligne (1, 2 et 3 m) à 35°N sur le rayonnement capté par une haie rectangulaire orientée N-S et E-O de 2 m de hauteur et 1 m de largeur. La longueur de haie ensoleillée dépend de la distance entre les rideaux de haie. L'évolution annuelle diffère entre les haies dont les caractéristiques géométriques sont différentes. Dans une orientation N-S, les deux faces reçoivent le même rayonnement, la face E reçoit le rayonnement solaire du matin et la face O celui de l'après-midi. Dans une orientation E-O, la face N (hémisphère nord) ne reçoit qu'un rayonnement direct pendant de courtes périodes le matin et l'après-midi en plein été

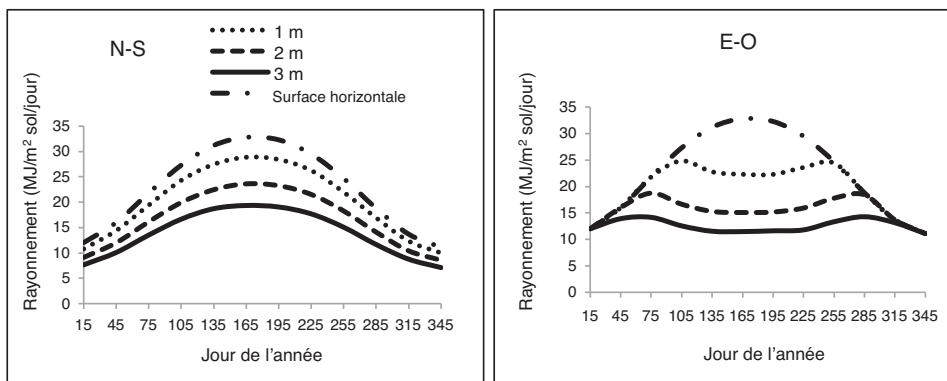


Figure 7. Rapport entre les composantes du rendement et du rayonnement incident journalier en octobre dans différentes oliveraies en haie, de la variété "Arbëquine", orientées N-S (Connor et al., 2012). Les points blancs représentent les parties hautes de la haie qui reçoivent un rayonnement journalier supérieur à 6 MJ m<sup>-2</sup>. La densité de fruits (à gauche) dans les parties qui reçoivent un rayonnement supérieur à 6 MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> est horizontale = 1000 fruits/m<sup>-2</sup>, en dessous de cette valeur la densité descend de manière linéaire. Le poids sec (au centre) et la teneur en huile des olives (% de matière sèche) (à droite) augmentent de manière linéaire en fonction du rayonnement incident

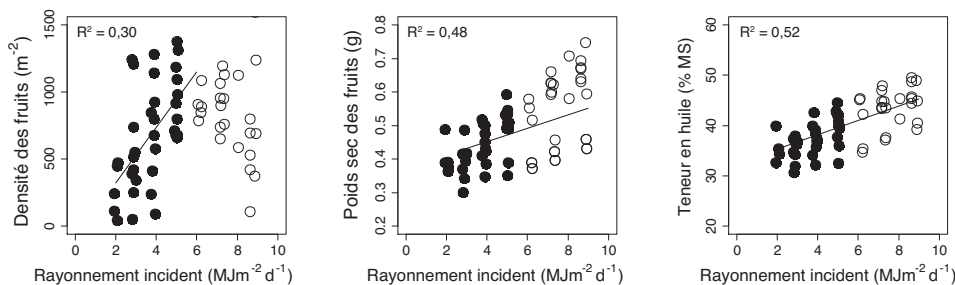
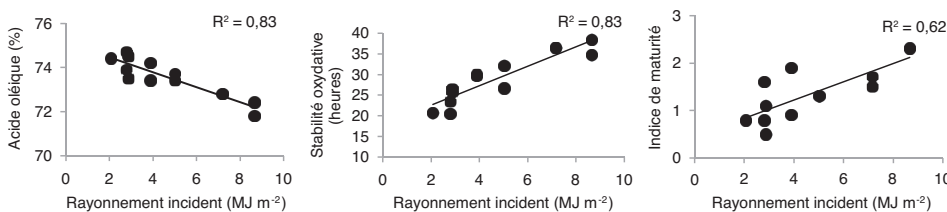


Figure 8. Rapport entre les propriétés chimiques de l'huile et l'indice de maturité des olives en fonction du rayonnement incident journalier en octobre, sur 9 oliveraies de la variété "Arbëquine" (Gómez del Campo et García, 2012). La concentration en acide oléique (en haut à gauche) diminue en fonction de l'accroissement du rayonnement incident alors que la stabilité oxydative et l'indice de maturité augmentent de manière linéaire selon le rayonnement incident



ment la qualité de l'huile (Figure 8). Les données disponibles sont rares et doivent être considérées comme préliminaires. Gómez del Campo et García (2012) ont observé que les olives des parties hautes produisent des huiles plus stables en raison de leur teneur en polyphénols. La teneur la plus élevée en acide oléique se trouve cependant dans les parties basses des haies.

### CONCEPTION OPTIMALE ET PERTINENCE DES SIMULATIONS DE PRODUCTION ET DE QUALITÉ

La conception d'une plantation et sa conduite doivent permettre aux haies d'oliviers de maintenir des caractéristiques géométriques optimales afin d'atteindre une rentabilité maximale. Jusqu' alors, nous avons étudié des haies d'oliviers orientées N-S et, par conséquent, le rayonnement de chaque côté des haies est symétrique tout au long de la journée. La production maximale est obtenue lorsque tout le rideau de la haie reçoit des niveaux de rayonnement supérieurs à une valeur seuil et que toute la structure de la haie est remplie, sans laisser d'ouvertures entre les oliviers ni dans les parties hautes ou basses, atteignant la surface photosynthétique maximale par longueur de haie. Le modèle de rayonnement permet de calculer le rayonnement capté par les différents niveaux

de la haie et par la haie dans son ensemble (Figure 5). En appliquant les modèles de production (Figure 7) et la qualité (Figure 8) au rayonnement capté, il a été possible de simuler la production (Figure 9) ainsi que la qualité de l'huile (Figure 10) de haies aux caractéristiques géométriques diverses (Connor et Gómez del Campo, 2013).

Il convient de décrire brièvement les informations fournies par ces simulations. Pour les haies d'oliviers orientées N-S, la distance optimale entre les haies (interligne – largeur de haie) est

obtenue lorsqu'elle est égale à la hauteur de la haie (Figure 9). Des haies plus étroites atteignent des rendements plus élevés du fait qu'en réduisant l'interligne, on augmente la longueur de haie à l'hectare. Le rayonnement incident sur les haies peut être augmenté en appliquant un certain angle sur les formes rhombiques, principalement sur les haies les plus larges. Les formes rhombiques répondent aux changements de rayonnement incident, ce qui permet d'atteindre des rendements plus élevés en raison, en partie, de la réduction de l'interligne. En simulant la réponse du rendement à des

latitudes comprises entre 30 et 40°, on a observé que la réponse est faible et, en conséquence, ne doit pas conditionner les interlignes.

Les données actuellement disponibles concernant l'effet du rayonnement sur la qualité des olives sont rares et ne concernent que la variété «Arbéquine» (Gómez del Campo et García, 2012). L'huile extraite de cette variété est appréciée pour ses propriétés organoleptiques, elle reste cependant sensible à l'oxydation et présente une faible teneur en acide oléique. Par conséquent, les paramètres de qualité simulés sont la stabilité oxydative et l'acide oléique (Figure 10). La teneur en acide oléique diminue proportionnellement à l'interligne mais moins pour les haies étroites et ombragées que pour les haies larges. La stabilité oxydative et l'indice de maturité augmentent en fonction de l'accroissement de l'interligne et sont plus importantes pour les haies étroites et basses pour les haies hautes et larges.

Selon les simulations présentées, il n'existe pas de solution unique, et le rendement maximal peut être obtenu avec des haies dont les caractéristiques sont diverses. Cependant, la conception optimale est celle qui permet de maximiser le rendement avec une conduite facile et économique, sans négliger le fait que les haies les plus productives ne seront pas toujours les plus ren-

Figure 9. Simulations de rendement d'huile pour des haies rectangulaires orientées N-S à 35°N de différentes hauteurs (2, 3 et 4 m), largeurs (1 m - gauche et 3 m - droite), interlignes (2 à 8 m) (Connor et Gómez del Campo, 2013). Les haies de 1 m de large (à gauche) correspondent aux haies adaptées à la récolte avec des enjambeurs tandis que les haies de 3 m de large doivent être traitées avec des machines plus volumineuses. Toutes les haies atteignent leur rendement maximal lorsque la distance entre la face de haies contiguës est égale à leur hauteur. Le rendement maximal est obtenu avec les haies les plus hautes. Les haies plus étroites donnent des rendements plus élevés

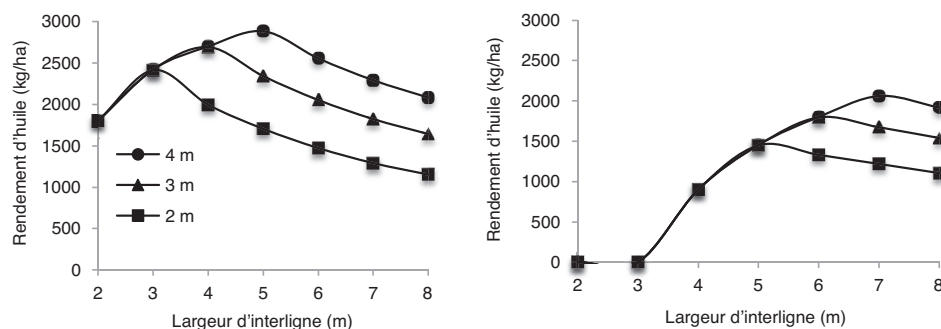
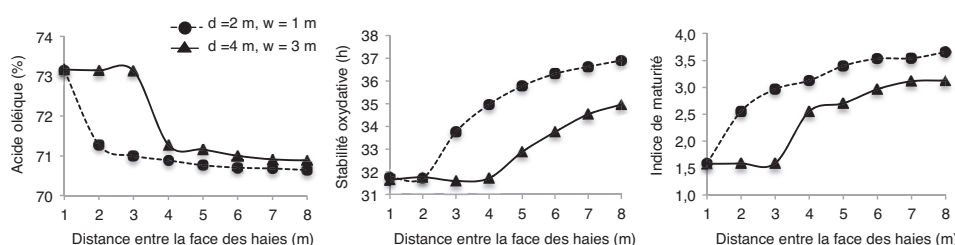


Figure 10. Effet simulé de la distance entre la face de haies contiguës ou interligne (1 à 8 m) sur la qualité de l'huile et l'indice de maturité de haies rectangulaires orientées N-S à 35°N, à 2 hauteurs (d = 2 et 4 m) et largeurs (w = 1 et 3 m) (Connor et Gómez del Campo, 2013)



tables. La facilité et l'économie de la conduite se réfèrent essentiellement à deux éléments : simplifier le travail des machines économiques pour les travaux de culture (récolte, taille, traitements) et obtenir des haies permettant la circulation de l'air afin d'améliorer leur état sanitaire. Sur le plan du rayonnement, on observe que plus l'interligne est élevé, plus hautes et larges devront être les haies pour capter le rayonnement maximal ; toutefois, plus une haie est haute et large, plus chère est la machine et plus difficile la taille. Cela semble indiquer que les haies basses et étroites sont plus rentables.

### **L'ORIENTATION DES HAIES : UN PROBLÈME À RÉSOUDRE**

La plupart des haies sont plantées selon une orientation N-S, toutefois il y a des cas (géométrie du terrain et pente) où cette orientation n'est pas possible. Il pourrait même s'avérer judicieux de modifier l'ensoleillement des haies en ayant recours à d'autres orientations. À cet effet, il convient de se demander quel est l'effet de l'orientation des haies sur le rendement et la qualité de l'huile.

L'orientation des haies déterminera en grande partie la quantité et la distribution du rayonnement ainsi que son effet sur les différents processus physiologiques des oliviers. La Figure 6 représente l'évolution du rayonnement

capté par des haies orientées N-S et E-O. L'orientation N-S expose l'olivieraie à des niveaux élevés de rayonnement pendant l'été alors que les haies orientées E-O captent plus de rayonnement au début du printemps et pendant l'automne, période de synthèse et d'accumulation d'huile dans les olives.

Les plus grandes différences créées par l'orientation des haies résident dans la distribution du rayonnement entre chaque côté des interlignes. Pour ce qui concerne l'orientation N-S, les deux faces reçoivent un rayonnement similaire tout au long de la journée ; la face E est ensoleillée durant la première moitié de la journée alors que la face O est ensoleillée durant l'après-midi. Quant aux haies orientées E-O, la face S (dans l'hémisphère Nord) est exposée au rayonnement solaire pendant la plus grande partie de la journée alors que la face N est à l'ombre, sauf en été pendant de courtes périodes de la matinée et de l'après-midi. Par conséquent, la face N est dépendante du rayonnement diffus (rayonnement présentant moins d'énergie) provenant du ciel, du rayonnement reflété de la ligne contiguë et du rayonnement transmis par la face ensoleillée. Ces relations sont affectées par la présence d'ouvertures ou d'espaces clairsemés sans feuilles dans le rideau des haies, qui permettent aux rayons solaires de traverser la haie et d'atteindre l'autre face. La présence d'ouvertures dans les

haies a un effet plus important sur l'orientation E-O et permet aux périodes de plus grand rayonnement capté (hiver-printemps et automne) de coïncider avec les plus grands angles des rayons solaires, augmentant ainsi le rayonnement transmis par la face S à la face N. Quant aux haies orientées N-S, le rayonnement qui traverse la face E et atteint la face O, pendant le matin, est compensé par un rayonnement en sens inverse durant l'après-midi.

Les informations disponibles concernant l'effet de l'orientation des haies sont maigres pour les oliviers. Pour d'autres arbres fruitiers (pommier, poirier et vigne), on a observé une augmentation du rendement de l'ordre de 15-25 % pour les plantations orientées N-S face aux plantations orientées E-O (Khemira *et al.*, 1993) ; cependant, le plus grand rendement des plantations orientées N-S ne peut être généralisé car il dépend du cycle phénologique des cultures, des caractéristiques structurelles des haies et de la latitude du lieu. L'objectif consistera à faire coïncider un ensoleillement élevé des haies pendant les phases critiques pour la détermination du rendement et de la qualité.

La disposition des lignes modifie d'autres facteurs directement liés au rayonnement solaire, tels que la température. De nombreux processus biologiques impliqués dans la croissance, le déve-

loppement et la qualité des fruits dépendent de leur température. La différence entre la température des fruits et celle de l'atmosphère augmentera dans des conditions de rayonnement incident plus élevé et de vitesse de vent plus faible. Les différences entre rayonnement et température issues de l'orientation des haies peuvent affecter la composition chimique des huiles. Gómez del Campo et García (2012), à partir de travaux récents sur des haies d'oliviers de la variété «Arbéquine», orientées N-S et E-O, ont observé que l'huile extraite des fruits qui poussent sur la face E (haies orientées N-S) et la face N (haies orientées E-O) présente une teneur en acide oléique supérieure et une teneur en acides palmitique et linoléique inférieure à celles de l'huile extraite des olives de la face op-

posée. Par ailleurs, indépendamment de la position des fruits dans les haies, l'huile issue des haies orientées N-S a présenté une teneur en composés phénoliques (à savoir les antioxydants) plus élevée que l'huile extraite des haies orientées E-O. Quant à la qualité de l'huile, il apparaît fondamental de déterminer le moment opportun pour la récolte, ainsi que l'uniformité de l'état de maturité. L'orientation des haies a modifié l'indice de maturité ; les fruits des haies orientées E-O ont mûri plus rapidement que ceux des haies orientées N-S, en raison du rayonnement incident supérieur en automne sur la face S des haies orientées E-O. Toutefois, il y a lieu de tenir compte du fait que les haies orientées E-O, comportant peu d'ouvertures clairsemées, sont plus propices à créer de grandes dif-

férences de rayonnement reçu entre les faces S et N, et donc une hétérogénéité accrue de l'état de maturité.

Bien choisir l'orientation des haies est plus important dans des environnements limités en rayonnement (haies étroites, couverture nuageuse élevée). Les études susmentionnées se sont appuyées uniquement sur les orientations extrêmes (N-S et E-O) mais, de toute évidence, il existe des orientations intermédiaires qui doivent être étudiées pour connaître non seulement leur impact sur le rendement et la qualité, mais aussi sur les besoins en eau, les dommages dus aux basses températures et la conduite des mauvaises herbes. Les données issues d'essais déjà établis (Photo 11) permettront de répondre à ces questions.

Figure 11. Terrain expérimental planté en 2008 à la Puebla de Montalbán (Tolède), de la variété «Arbéquine», selon quatre orientations (N-S, E-O et les orientations intermédiaires NE-SO et NO-SE), grâce à la collaboration de plusieurs entreprises. L'Université de Cordoue et l'entreprise Todolivo (Cordoue) ont mené ultérieurement des études similaires



## DÉFIS

Les plantations en haie aux fins de la récolte avec un enjambeur présentent certaines limites : investissements de départ élevés, pente modérée du terrain et nécessité de disposer d'un apport en eau suffisant (sous forme d'eau de pluie ou d'irrigation). Autre problème important à résoudre : gamme réduite de variétés adaptées à ce système. Les caractéristiques souhaitables d'une variété destinée à la culture en haie sont les suivantes : entrée en production rapide, rendements réguliers, élevés et de grande qualité et vigueur limitée. Peu de variétés réunissent ces conditions. Actuellement, dans les oliveraies en culture ultra-intensive la variété «Arbéquine» est la plus plantée et, dans des proportions moindres, les variétés «Arbosana» et «Koroneiki». Les oliveraies de grande étendue et monovariétales posent des problèmes de contrôle de la récolte et du broyage. Par ailleurs, dans les exploitations de petite taille ce système n'est pas viable s'il n'y a pas à proximité des oliveraies dont la récolte est réalisée avec la même machine.

Nous sommes confrontés aujourd'hui à deux grands défis : déterminer la structure optimale et l'entretenir. Pour ce qui concerne la conception optimale des haies, il convient de déterminer les seuils de rayonnement pour la production d'huile. Le rayonnement permet d'expliquer

certaines composantes du rendement (taille des olives et rendement gras) mais le nombre d'olives ne s'explique pas seulement par les niveaux de rayonnement car d'autres facteurs, tels que la température, peuvent avoir une incidence. Par ailleurs, il faut connaître la réponse au rayonnement du rendement et de la qualité de l'huile pour diverses variétés étant donné que les données obtenues jusqu'à nos jours proviennent essentiellement de haies de la variété «Arbéquine». Peu d'informations sont disponibles quant aux haies orientées E-O ; ces données indiquent que la réponse au rayonnement et, selon toute prévision, à la température des haies orientées E-O, diffèrent de celles orientées N-S.

Concernant l'entretien de la structure des haies, il importe de les concevoir correctement en fonction non seulement des dimensions des machines disponibles, mais également de la connaissance des conditions environnementales, édaphiques et de culture, qui déterminent la croissance potentielle des oliviers sur le terrain. Dans les régions où la croissance des cultures est faible, il sera possible d'utiliser des structures de haie basses et étroites, adaptées aux machines plus petites alors que, dans les régions favorisant une forte vigueur des plantations, les dimensions des haies devront être augmentées et il conviendra d'assurer, par la conduite des cultures, l'ensoleillement adéquat de toute la

frondaison. La croissance végétative peut être contrôlée par l'emploi d'une irrigation adéquate et de substances nutritives et, en dernier lieu, par la taille. Les résultats des études menées par différents groupes de recherche sur l'irrigation déficitaire dans les oliveraies en haie permettront de fournir des informations afin d'utiliser cette stratégie et de réduire la vigueur des oliviers.

Cependant le plus grand défi réside dans les plantations d'oliviers pour la production d'olives de table. Le secteur oléicole a réalisé quelques expériences sur les oliveraies en haie. Les défis sont plus importants que pour les oliveraies destinées à la production d'huile étant donné que, outre des rendements très élevés, les olives doivent avoir un calibre suffisant et arriver intactes jusqu'à la confiserie.

## REMERCIEMENTS

Ces études ont pu être réalisées grâce aux entreprises qui ont autorisé l'accès à leurs oliveraies : Casas de Hualdo (La Puebla de Montalbán, Tolède), Jacinto Cabetas (Carpio de Tajo, Tolède), Antonio Capitán (Écija, Séville), Todolivo (Pedro Abad, Cordoue) et toutes les personnes qui ont participé à la récolte de ces haies d'oliviers, ainsi qu'à l'élaboration postérieure des échantillons d'olives et à l'extraction de l'huile (Ana Centeno, Ángela Rodríguez, Beatriz Somoza,



Enrique Vivas, Mercedes Ortí, Ignacio Sanjuan et Felipe Oliva). Nous avons pu quantifier la teneur en huile des échantillons d'olives grâce à Diego Barranco qui a mis à notre disposition l'appareillage de résonance magnétique nucléaire de l'Université de Cordoue. Eduardo Trentacoste prépare actuellement sa thèse de doctorat à l'UPM (Madrid) grâce au programme ERASMUS MUNDUS de l'Union européenne. Une partie de ces travaux a été financée par l'Université Polytechnique de Madrid et la Communauté de Madrid (Project M0800204112). L'essai d'orientation, établi à la Puebla de Montalbán (Tolède), a été financé par les entreprises Casas de Hualdo, Todolivo, Regaber et Agromillora. ■

**Cette étude a été préalablement publiée dans la Revista de Fruticultura n° 24.**

## Références bibliographiques

- Acebedo M.M., Cañete M.L., Cuevas J., 2000. Processes affecting fruit distribution and its quality in the canopy of olive trees. *Adv. Hort. Sci.* 14: 169-175.
- Cain J.C., 1972. Hedgerow orchard design for most efficient interception of solar radiation. Effects of tree size, shape, spacing, and row direction. *Search Agric.* 2:1-14.
- Connor D.J., 2006. Towards optimal designs for hedgerow olive orchards. *Aust. J. Agric. Res.* 57:1067-1072.
- Connor D.J., Centeno A., Gómez-del-Campo M., 2009. Yield determination in olive hedgerow orchards. II. Analysis of radiation and fruiting profiles. *Crop Pasture Sci.* 60:443-452.
- Connor D.J., Gómez-del-Campo M., Comas J., 2012. Yield characteristics of N-S oriented olive hedgerow orchards, cv. Arbequina. *Sci. Hort.* 133: 31-36.
- Connor D.J., Gómez-del-Campo M., 2013. Simulation of oil productivity and quality of N-S oriented olive hedgerow orchards in response to structure and interception of radiation. *Sci. Hort.* 150:92-99.
- Gómez-del-Campo M., García J.M., 2012. Canopy fruit location can affect olive oil quality in 'Arbequina' hedgerow orchards. *J. Amer. Oil Chemists* 89:123-133.
- Jackson J.E., Palmer J.W., 1972. Interception of light by model hedgerow orchards in relation to latitude, time of year and hedgerow configuration and orientation. *J. Applied Ecol.* 9:341-357.
- Jackson J.E., Palmer J.W., 1980. A computer model study of light interception by orchards in relation to mechanized harvesting and management. *Sci. Hort.* 13:1-7.
- Khemira H., Lombard P.B., Sugar D., Azarenko A.N., 1993. Hedgerow orientation affects canopy exposure, flowering, and fruiting of Anjou pear trees. *HortScience* 28: 984-987.
- Morettini A., 1972. *Olivicoltura*. Ramo Editoriale Degli Agricoltori. Roma. Italia.
- Ortega-Nieto J.M., 1945. *Poda del Olivo, con aplicaciones especiales a la zona de Ubeda y 'El Condado' (Jaén)*. Editora El Olivo, S.S.L.Jaén. España.
- Pastor M., García-Villa M., Soriano M.A., Vega V., Fereres E., 2007. Productivity of olive orchards in response to tree density. *J. Hort. Sci. Biotechnology* 82: 555-562.
- Tombesi A., Standardi A., 1979. Influenza della defogliazione, della eliminazione dei frutti e della decortizzazione anulare sulla differenziazione delle gemme a fiore nell'olivo. *Annali della Facoltà di Agraria di Perugia* 33: 407-421.
- Tombesi A., Cartechini A., 1986. L'effetto dell'ombreggiamento della chioma sulla differenziazione delle gemme a fiore dell'olivo. *Riv. Ortoflorofruticoltura Italiana* 70: 277-285.

# Potentiel antioxydant d'extraits de bois de taille d'oliviers, cv. Arbequina, origine Catamarca. Argentine

C. Salim Rosales, P. Gómez, E. Gómez, N. Rodríguez et M. Bravo

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca. [analitica@caunca@gmail.com](mailto:analitica@caunca@gmail.com)

## RÉSUMÉ

L'Argentine compte environ 105 000 hectares consacrés à la culture de l'olivier, la plupart selon un système de production intensive où la taille est une pratique courante. Toutefois, on en sait peu de chose sur le potentiel du bois provenant des résidus de la taille des oliviers comme source d'antioxydants naturels. Dans cet article, nous cherchons à évaluer les propriétés antioxydantes des extraits de bois d'Arbequina, originaires de la vallée centrale de Catamarca (Argentine) ; il s'agit de la variété la plus cultivée et de la province ayant la plus grande superficie consacrée à l'oléiculture dans le pays. Nous avons travaillé avec des extraits dans l'éthanol aqueux à 50 % et dans l'acétate d'éthyle. La teneur en polyphénols des extraits, leur capacité antiradiculaire face au radical libre (RL) DPPH et leur activité antioxydante ont été évaluées en les appliquant sur de l'huile d'olive vierge, soumise à oxydation pendant 5 jours à 80 °C. Le suivi de l'avancée du processus d'oxydation des huiles traitées et des huiles témoins a été réalisé en déterminant les polyphénols totaux, l'indice de peroxyde,

l'absorbance dans l'ultraviolet ( $K_{232}$  et  $K_{270}$ ), l'acidité libre et le profil acide. Les résultats montrent que l'éthanol aqueux présente une puissance extractive plus élevée que l'acétate d'éthyle, ce qui met en évidence la polarité des principes actifs extraits. En outre, aux concentrations d'extrait soumises aux essais (100, 300 et 600 ppm), les plus fortes concentrations présentent un potentiel d'inhibition (PI) du radical libre DPPH supérieur à 90 %, 15 minutes après que le mélange de l'extrait et du radical libre a été effectué. Les extraits appliqués sur l'huile d'olive vierge, à température ambiante, exercent un léger effet de protection, mais ils manquent d'activité antioxydante lorsqu'ils sont soumis à des conditions d'oxydation forcée. Il est recommandé d'appliquer les extraits à d'autres systèmes qui permettent une meilleure répartition interfaciale des phénols ajoutés, ce qui favorise les mécanismes de protection antioxydante. Avec l'intérêt croissant suscité par l'utilisation d'antioxydants d'origine naturelle, ces extraits, ou leurs dérivés, peuvent devenir une solution de commercialisation valable pour le secteur de l'oléiculture.

**Mots-clés :** *Olea europaea* L. ; bois ; extraits ; antioxydants ; polyphénols totaux ; DPPH.

## INTRODUCTION

Actuellement, la superficie plantée d'oliviers en Argentine est d'environ 105 000 hectares. Le pays est le plus grand producteur et exportateur d'huile d'olive et d'olives de table d'Amérique (Fédération oléicole argentine, 2011). Les principales provinces productrices sont, par ordre de superficie plantée, Catamarca, La Rioja, Mendoza, San Juan, Córdoba et Buenos Aires (Fédération oléicole argentine, 2011 ; Peter Searles *et al.*, 2011). L'activité oléicole est l'une des principales activités économiques dans les vallées arides de la région de Cuyo et du NOA.

Catamarca a connu une expansion majeure de sa superficie consacrée à l'oléiculture à partir des années 90, en raison de politiques d'avantages fiscaux (loi n° 22.021) et de conditions favorables sur le marché extérieur. Ces situations ont conduit à la création de nombreuses entreprises oléicoles dans le

cadre de systèmes intensifs et de haute technologie. Aujourd'hui, Catamarca compte 24 500 hectares cultivés (Searles et al, 2011), répartis dans les régions de la vallée centrale (Capayán et Valle Viejo), du Bolsón de Pipanaco (Pomán) et des zones en altitude (Tinogasta). Environ 80 % des variétés cultivées sont spécifiques à la production d'huile, notamment Arbequina, Frantoio, Barnea et Coratina. Les 20 % restants sont à double fin comme Manzanilla (Matías *et al*, 2012). La variété Arbequina est la principale variété cultivée dans la province (en pourcentage de superficie plantée), Catamarca étant le principal centre de production de cette huile hors de Catalogne (Andrada *et al*, 2008).

L'industrie oléicole de Catamarca destine sa production à 90 % aux marchés étrangers et à 10 % au marché domestique. Dans le cas des olives, 70 % du volume traité par l'industrie est destiné au marché d'exportation et 30 % au marché intérieur, comme les supermarchés, les grossistes et les détaillants (Cáceres *et al*, 2009). Les principaux acheteurs d'huile sont les États-Unis et le Brésil (Cáceres *et al.*, 2009), alors que c'est l'inverse pour les olives de table, pour lesquelles le principal acheteur est le Brésil suivi des États-Unis (Cáceres *et al.*, 2009). Toutefois, la situation délicate que traverse actuellement l'économie européenne a af-

fecté la rentabilité du secteur oléicole en Argentine parce que, pour atténuer la crise, les pays traditionnellement oléiculteurs, sont en concurrence pour conquérir les marchés de vente de l'Argentine (Pallares, 2012). Face à cette situation, il est nécessaire de rechercher de nouveaux segments de marché, non seulement pour l'huile mais aussi pour les sous-produits de la production oléicole. Parmi les solutions possibles, une option innovante pourrait concerner l'obtention d'antioxydants présents dans les résidus de cette industrie (Gómez *et al.*, 2008), en particulier ceux obtenus à partir de la taille des oliviers, biomasse actuellement inutilisée et avec pour objectif d'augmenter l'utilisation au fil du temps dans la mesure où il s'agit d'une pratique agricole courante et nécessaire pour ce type de culture, en particulier dans un système intensif (Iñiguez Monterde *et al.*, 1999).

Les antioxydants sont définis comme toute substance qui, présente à faible concentration par rapport à celles d'un substrat oxydable (molécules organiques ou inorganiques), retarde ou empêche son oxydation (Venereo Gutiérrez, 2002). Il est communément admis que les composés polyphénoliques (CPF) sont des antioxydants multifonctionnels. Les CPF constituent un groupe complexe de métabolites secondaires biosynthétisées par le règne végétal (Wood et al., 2001) qui

agissent comme des phytoalexines, protégeant les plantes contre le stress causé par l'environnement ou les ravageurs (Villarejo Pelayo, 2006 ; Rugna et al., 2007). Dans chacune de ces situations de stress, il existe un comportement métabolique différent qui conditionne la production et la variabilité de ces métabolites (Harbone, 1994) de sorte que les individus d'une même espèce qui se développent dans différents milieux présentent des variations dans la synthèse de leurs composés phénoliques (Matsuki, 1996). L'un des facteurs les plus importants qui déterminent l'activité antioxydante des polyphénols est leur degré d'hydroxylation et la position des groupes hydroxyle dans la molécule (Oliveras López, 2005) ; ceux qui contiennent une structure ortho dihydroxy phénolique possèdent une activité antioxydante plus importante (De la Torre Carbot, 2007).

L'olivier, ainsi que d'autres plantes, augmente la production de composés polyphénoliques en réponse à des facteurs environnementaux (Salles, 2003). Les composés phénoliques des extraits de différentes parties du plant d'olivier (feuilles, fruits, fleurs, écorce) ont été utilisés dans le passé par la médecine populaire et il existe des études sur la forte activité antioxydante des infusions des feuilles de cet arbre (Romani, 1999). Cette propriété a conduit à la commer-

cialisation de l'extrait de feuille d'olivier, en raison de sa grande utilité en phytothérapie, en cosmétique et dans les industries de la pharmacologie et de l'alimentation.

En outre, tous les jours on en sait plus sur les avantages liés à l'utilisation des antioxydants naturels pour la santé humaine et l'industrie et sur les inconvénients des antioxydants synthétiques qui sont volatils et potentiellement cancérigènes (Venero Gutiérrez, 2002 ; Dwyer, 1996). Il est en conséquence nécessaire d'explorer de nouvelles sources naturelles de métabolites présentant une activité antioxydante. En ce sens, le bois d'olivier obtenu par la taille peut être une option intéressante. Toutefois, pour l'instant, il existe peu d'informations sur la composition phénolique du bois de cette espèce. Des travaux ponctuels sont disponibles sur les lignanes et les glucosides isolés à partir de l'écorce de différentes espèces du genre *Olea* (Chiba, 1979 ; Tsukamoto, 1985), sur la détermination de l'acide chlorogénique par chromatographie sur couche mince (Ozkaya, 1999) et sur la fraction volatile du bois et le potentiel des résidus de bois provenant de la taille des oliviers comme une nouvelle source d'antioxydants naturels (Altarejos 1997 ; Perez-Bonilla, 2003).

Au niveau local, les études menées par cette équipe de recherche mettent en évidence la présence de poly-

phénols aux propriétés antioxydantes dans le grignon humide obtenu dans le cadre de la production d'huile d'olives Arbequina et Coratina, (Gómez *et al.*, 2007) et dans les feuilles des oliviers Arbequina (Gómez *et al.*, 2008) et Coratina (Royals *et al.*, 2010), cultivés dans la vallée centrale de Catamarca. La présente recherche vise à faire progresser sur ce sujet, l'étude du potentiel du bois provenant de la taille des oliviers comme source naturelle d'antioxydants, apportant des informations de base susceptibles de lancer des applications possibles pour un résidu totalement renouvelable, mais encore sous-estimé de l'industrie oléicole.

## OBJECTIFS

Évaluer le potentiel du bois provenant de la taille d'oliviers de la variété Arbequina cultivés dans la vallée centrale de la province de Catamarca, en tant que source d'antioxydants naturels à partir de la détermination de la teneur en polyphénols totaux et en orthodiphénols, de la capacité antiradicalaire et de l'activité antioxydante des extraits de ce résidu végétal dans des solvants de différentes polarités.

## MÉTHODOLOGIE

### Échantillonnage

Nous avons travaillé avec des résidus provenant de la

taille d'oliviers (*Olea europaea* L.), cultivar Arbequina, fournis par Agrofresco SA, entreprise implantée dans la ville de Las Esquinas, département de Valle Viejo, Catamarca, Argentine. L'échantillonnage a été effectué en août 2007, par échantillonnage aléatoire simple. Vingt plants ont été choisis au hasard, dont les résidus de la taille ont été collectés. Les branches d'olivier ont été transférées au laboratoire de chimie de la Faculté des sciences agronomiques, Université nationale de Catamarca (UNCa) où elles ont été nettoyées, séchées dans une étuve pendant 48 heures à une température de 40 °C et effeuillées puis le bois a été broyé. Les échantillons ont été stockés dans des récipients parfaitement identifiés.

### Préparation des extraits, teneur en polyphénols, o-diphénols et matière sèche totale

Cinq réplicats des extraits de bois d'olivier ont été préparés dans l'éthanol aqueux à 50 % (ME) et dans l'acétate d'éthyle (MAc), en utilisant un rapport de 1:10 p/v, et ont été laissés macérer dans des béchers, recouverts d'un film et d'une feuille d'aluminium, à température ambiante pendant 24 heures. Nous les avons ensuite filtrés sous vide et ajouté au résidu restant 50 ml de solvant frais. Le processus a été répété pendant environ 48 h de macéra-

tion. Les extraits obtenus à partir de la première et de la seconde macérations ont été combinés et le volume final de chaque extrait a été réparti en deux parties aliquotes de 50 ml, mesurées dans une fiole graduée. L'une des parties aliquotes a été utilisée pour quantifier les polyphénols totaux (PFT) et les orthodiphénols (ODF), l'autre a été utilisée pour déterminer la quantité de matière sèche totale (ST). Les échantillons ont été stockés dans des récipients jaunes pour une protection supplémentaire contre la lumière, à 5-10 °C. La procédure a été répétée pour obtenir les extraits avec l'acétate d'éthyle.

La teneur en polyphénols a été évaluée par la méthode de Folin-Ciocalteu, par spectrophotométrie d'absorption à  $\lambda = 725$  nm. Elle a été calculée en utilisant la formule (1). En outre, la teneur en orthodiphénols a été mesurée avec du molybdate de sodium à 5 % dans de l'éthanol aqueux à 50 %, à  $\lambda = 370$  nm. Elle a été calculée en utilisant la formule (2). Pour ces deux déterminations, l'acide caféique a été utilisé comme étalon.

$$\text{ppm PFT} = L \times \text{VD} \times \text{VT} / (\text{VA} \times \text{MM}) \quad (1)$$

$$\text{ppm ODF} = L \times \text{VD} \times \text{VT} / (\text{VA} \times \text{MM}) \quad (2)$$

Où : L : lecture sur la courbe en ppm. VD : volume de dilution ; VT : volume total de l'extrait ; VA : volume

de l'aliquote ; MM : masse de l'échantillon.

La teneur en matière sèche totale a été évaluée par la méthode d'évaporation à 105 °C, jusqu'à assèchement, et pesée après avoir atteint un poids constant.

Pour chaque détermination, une analyse descriptive des données a été effectuée au moyen des valeurs médianes. Pour l'analyse statistique déductive, l'analyse de variance non paramétrique a été utilisée en calculant les différences significatives des gammes médianes avec le test de Kruskal Wallis, les valeurs de  $p < 0,05$  étant considérées comme significatives. Le logiciel statistique utilisé est InfoStat version 1.1, 2002.

### Détermination de la capacité de capture du radical 2,2-diphényl-1-picryle-hydrazyl (DPPH)

Par dilution des extraits ME et MAc, nous avons préparé des solutions de 100, 300 et 600 ppm en extrait.

À partir d'une solution stock de DPPH, une solution de  $7,4 \times 10^{-5}$  M (Pérez Bonilla *et al.*, 2003) a été préparée dans du méthanol de qualité analytique. Nous avons évalué les cinq réplicats pour déterminer la capacité antiradicalaire des différentes solutions d'extrait par l'essai avec le RL 2,2-diphényl-1-picryle-hydrazyl (DPPH)

(Brad Williams *et al.*, 1995 ; Gadow *et al.*, 1997) en utilisant un rapport stœchiométrique extrait:DPPH = 1,6:1 (Pérez Bonilla *et al.*, 2003). La cinétique de réaction du mélange a été suivie pendant 30 minutes en lisant les absorbances dans un spectrophotomètre à 515 nm et les pourcentages d'inhibition ont été calculés, selon la formule (3) :

$$\text{PI} = [(A_{t=0 \text{ min}} - A_{t=15 \text{ min}}) / A_{t=0 \text{ min}}] \times 100. \quad (3)$$

Où :  $A_{t=0 \text{ min}}$  : absorbance initiale du DPPH ;  $A_{t=15 \text{ min}}$  : absorbance 15 minutes après le mélange extrait:DPPH.

L'analyse descriptive a été réalisée avec les valeurs médianes des PI. Pour le traitement statistique, l'analyse de variance non paramétrique de Kruskal Wallis a été utilisée, les valeurs de  $p < 0,05$  étant considérées comme significatives.

### Application des extraits à un substrat lipidique

Nous avons versé dans trois fioles Erlenmeyer de 2 000 ml, 1 250 ml d'huile d'olive vierge (S), caractérisée précédemment. Plus tard, nous avons incorporé, séparément et avec une agitation énergique et continue, les extraits Me et MAc à une concentration de 120 ppm en phénols totaux. Le mélange d'huile témoin et d'extrait éthanolique de bois (S-ME)

et celui d'huile témoin et d'extrait avec acétate d'éthyle (S-MAC) ont été laissés au repos pendant 48 heures à température ambiante, à l'abri de la lumière.

Chaque modèle de système (traitement) a été fractionné en cinq portions aliquotes de 250 ml transvasées dans des flacons couleur caramel sans couvercle, préalablement marqués. Les témoins ont été fractionnés de la même façon.

L'oxydation des lipides a été réalisée pendant 5 jours à 80 °C dans un four et son suivi a été effectué par la détermination des polyphénols totaux par la méthode de Folin Ciocalteu, à  $\lambda = 725 \text{ nm}$ , l'indice de peroxyde (IP) selon la norme ISO 3960-COI/T15-IUPAC 2501, l'absorbance dans l'ultraviolet  $K_{232}$  et  $K_{270}$  selon COI/T20/Doc. N° 19, l'acidité libre selon COI/T15 et le profil acide selon COI/T20/Doc. N° 24. Les déterminations ont été effectuées avant de soumettre les échantillons au réchauffement et à 1 et 5 jours après le début de l'expérience, excepté pour le profil acide effectué seulement après l'application des extraits d'huile. Pour son traitement statistique ultérieur, cinq répliques ont été réalisés. Nous avons utilisé l'analyse de variance non paramétrique de Kruskal Wallis, les valeurs de  $p < 0,05$  étant considérées comme significatives.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Teneur en polyphénols, o-diphénols et matière sèche totale

Comme le montre la Figure 1, les teneurs en PFT, ODF et ST, des extraits de bois d'olivier, ont varié en fonction des solvants d'extraction utilisés dans les essais. Les rendements les plus élevés pour ST, PFT et ODF ont été obtenus dans les extraits avec l'éthanol aqueux à 50 %, ce qui révèle la nature polaire des phénols extraits (tableau 1).

Avec l'acétate d'éthyle comme solvant, il a été extrait 71,51 % de PTF de moins qu'avec l'éthanol aqueux à 50 %, pour des valeurs de 5 395,13 mg et 18 938,85 mg de phénols par kilogramme de bois respectivement (Figure 1 et tableau 1). En outre, les différences entre les valeurs médianes de la teneur en PFT pour les extraits traités avec l'éthanol à 50 % et l'acétate d'éthyle étaient statistiquement significatives ( $p < 0,0079$ ) (tableau 1).

Un comportement similaire a été observé pour les valeurs des rendements d'ODF

Figure 1. Valeurs médianes des rendements en PFT et ODF des extraits ME et MAc d'olivier

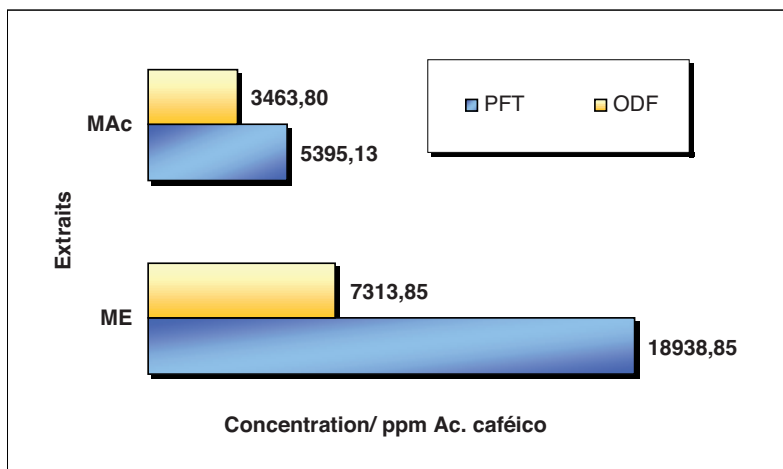


TABLEAU 1. Valeurs médianes des rendements en PFT, ODF et ST dans les extraits ME et MAc

Paramètres	Valeurs médianes*		Différences d'extraction
	ME	MAc	
PFT	18938,85 A	5395,13 B	71,51
ODF	7313,85 A	3463,80 B	52,64
ST	17,54 A	3,00 B	82,9

\* Des lettres différentes indiquent des différences significatives à 5% (calculées par l'analyse unilatérale de variance par rangs de Kruskal Wallis)

(Figure 1). L'éthanol aqueux a extrait 52,64 % d'ODF de plus que l'acétate d'éthyle. Dans ce cas, statistiquement, il a également été trouvé, parmi les valeurs médianes des extraits, des différences significatives ( $p < 0,0079$ ) (tableau 1). Cependant, l'acétate d'éthyle a extrait une plus grande proportion d'ODF dans le bois que l'éthanol aqueux. Les valeurs enregistrées pour le PFT et l'ODF ont indiqué que seulement 38,62 % des PFT quantifiés dans l'extrait éthanolique sont de l'ODF, alors que dans l'extrait avec acétate d'éthyle, ce pourcentage a atteint 64,20 % (Figures 2 et 3). C'est intéressant si l'on tient compte du fait que le degré d'hydroxylation et la position des groupes oxydryles dans la molécule sont des facteurs importants dans l'activité antioxydante des CPF (Oliveras López, 2005 ; De la Torre Carbot, 2007).

Il a également été constaté que, pour la ST, l'extraction avec l'acétate d'éthyle a été de 82,90 % inférieure à celle obtenue avec l'éthanol aqueux à 50 %, et selon l'analyse statistique, il existe des différences significatives ( $p < 0,0079$ ) dans le rendement de ST en fonction des solvants d'extraction (tableau 1 et Figure 4).

Cette étude a montré, conformément à d'autres études (Perez-Bonilla et al., 2003), que du point de vue chimique, les composés pouvant être extraits du bois sont

en grande partie des composés phénoliques solubles dans l'eau, même si l'éthanol aqueux à 50 % a présenté les extractions les plus efficaces, avec des valeurs médianes des rendements en ST, PFT et ODF nettement plus élevées. Cependant, il faut noter que l'acétate d'éthyle extrait la plus grande proportion d'ODF sur les phénols totaux extraits.

Il convient de noter que, du point de vue des applications potentielles des extraits comme agents de conservation de produits alimentaires ou comme ingrédients dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique, la plus grande puissance d'extraction du mélange d'éthanol aqueux, pour les PFT, ODF et ST, est positive en raison de l'innocuité de l'éthanol et de la toxicité de l'acétate d'éthyle.

### Activité antiradicalaire

Sur les six extraits de bois d'olivier de la variété Arbequina analysés, les plus actifs ont été MAc 600 ppm et ME 600 ppm, respectivement dans cet ordre, ce qui est conforme aux études indiquant une excellente activité antiradicalaire des extraits de bois d'olivier dans ces mêmes solvants (Perez Bonilla et al., 2003). Excepté pour le traitement MAc 100 ppm, tous les extraits de bois ont affiché des PI supérieurs à 50 % 15 minutes

Figure 2. Proportion d'ODF de l'extrait ME

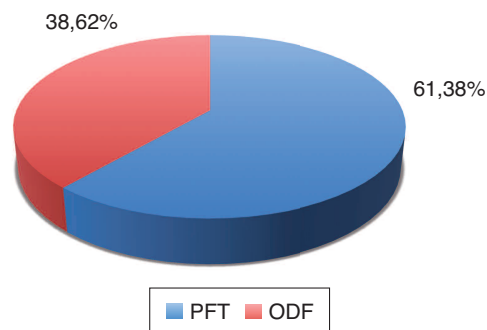


Figure 3. Proportion d'ODF de l'extrait MAC

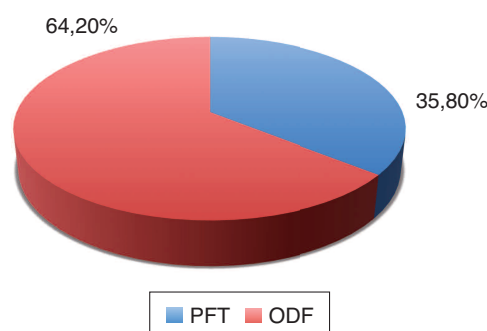
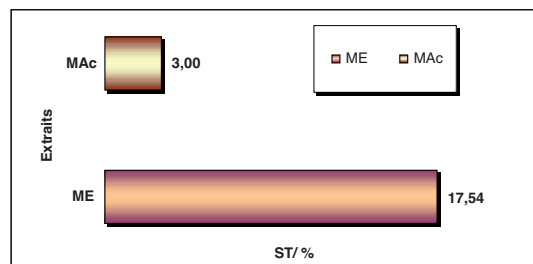


Figure 4. Valeurs médianes des rendements en ST des extraits ME et MAC d'olivier



après le mélange extrait: DPPH (tableau 2), valeur enregistrée pour le butylhydroxytoluène (BHT) à 500 ppm (Rosales Castro M. y Gonzáles Laredo R. 2003). À 600 ppm, l'extrait d'acétate d'éthyle présente la plus forte capacité de capture de RL, alors qu'à 300 et 100 ppm, les extraits éthano-

liques présentent une meilleure activité antiradicalaire (tableau 2).

En outre, la figure 5 montre qu'à 600 ppm la différence de comportement des extraits dans l'éthanol aqueux à 50 % et dans l'acétate d'éthyle est inférieure par rapport au reste des concentrations testées. Il a été constaté qu'à 600 ppm, l'extrait MAc a obtenu une activité supérieure de 2,75 % à celle de ME. Cependant, à 300 ppm, l'extrait ME a eu une activité antiradicalaire supérieure de 30,23 % à celle de MAc. Si la concentration des deux extraits de bois continue à diminuer, le pouvoir inhibiteur est nettement réduit : à 100 ppm, ME a une capacité de capture supérieure de 52,82 % à celle de l'extrait MAc (Figure 5).

La Figure 6 montre que les extraits dans l'acétate d'éthyle ont présenté une relation directe entre la concentration des extraits et la capacité de capture du RL DPPH. Ainsi, le plus grand pouvoir inhibiteur (95,14 %) du RL a été révélé par l'extrait à 600 ppm. À 300 et 100 ppm, les extraits ont présenté une activité antioxydante inférieure (64,44 % et 27,73 %). Les PI des solutions éthanologiques de 600 et 300 ppm ont été presque occultés par la grande quantité de CF antioxydants présents dans les deux extraits. Autrement dit, dans ce solvant, l'incidence de la concentration de l'ex-

**TABLEAU 2.**  
Valeurs médianes des IP des extraits ME et MAc d'olivier pour 100, 300 et 600 ppm (extrait :DPPH = 1,6:1; 15 min.)

Extraits	Concentrations dans l'extrait	PFT	ODF	% ODF/PFT	PI
ME	600 ppm	11363,31	4388,31	38,62	92,52
	300 ppm	5681,65	2194,16		92,37
	100 ppm	1893,88	731,39		58,77
MAc	600 ppm	3237,08	2078,28	64,20	95,14
	300 ppm	1618,54	1039,14		64,44
	100 ppm	539,51	346,38		27,73

Figure 5. Activité antioxydante des extraits de bois d'olivier exprimée en valeurs médianes de PI à 100, 300 et 600 ppm (extrait:DPPH = 1,6:1, 15 min)

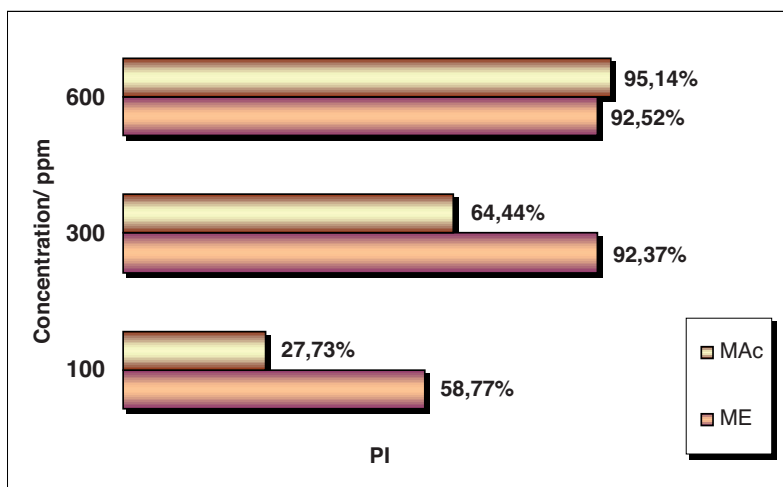
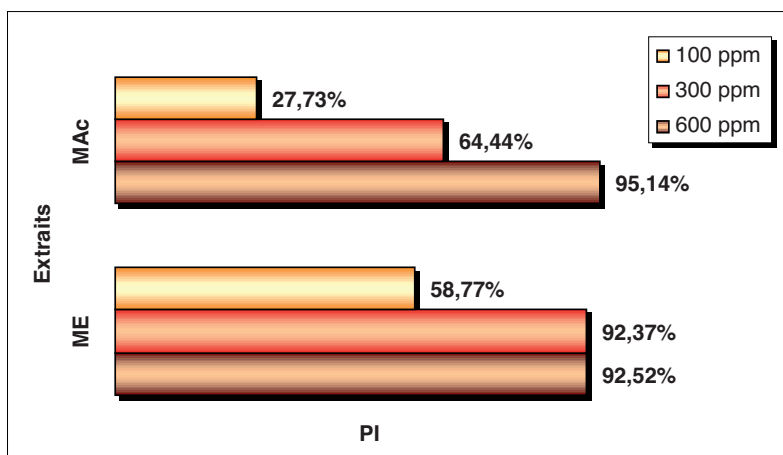


Figure 6. Activité antioxydante des extraits de bois d'olivier en fonction des solvants d'extraction, exprimée en valeurs médianes de PI à 100, 300 et 600 ppm (extrait:DPPH = 1,6:1, 15 min.)





trait sur la capacité de capture du radical libre n'a pas été très marquée. Seul le traitement ME 100 ppm a montré une activité nettement inférieure par rapport à ceux qui étaient plus concentrés.

L'extrait MAc 600 ppm, avec une plus forte propor-

tion o-diphénolique, a présenté le PI le plus élevé des six extraits analysés. Toutefois, la méthode de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative à 5 % avec les PI des traitements ME 600 ppm et ME 300 ppm qui présentaient des PI supérieurs à 90 % (tableau 3).

**TABLEAU 3.**  
Valeurs médianes des PI d'extraits ME à 300 et 600 ppm et de l'extrait MAc à 600 ppm

Extraits	Valeurs médianes de PI*
MAc 600 ppm	95,14 A
ME 300 ppm	92,37 A
ME 600 ppm	92,52 A

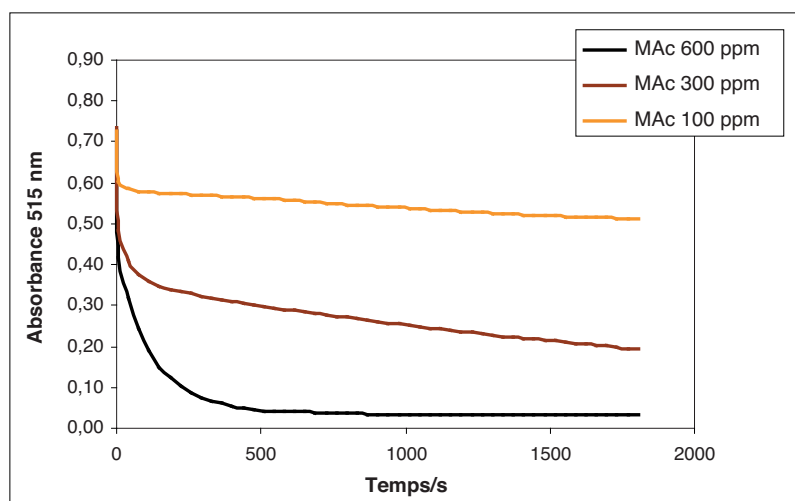
\* Des lettres différentes indiquent des différences significatives à 5 %.

Les extraits dans l'acétate d'éthyle, qui ont montré une relation directe entre la concentration des extraits et le IP, ont présenté des cinétiques de réaction différentes face au RL DPPH (Figure 7). À 600 ppm, la courbe d'ab-

sorbance du mélange extrait : DPPH décroît jusqu'à une valeur minimale de 0,032. Ensuite, l'équilibre de la réaction commence à s'établir pour finalement se stabiliser à 0,033 d'absorbance avec un IP de 95,42 % ; cette activité

est restée presque constante pendant les trente minutes de la mesure. À 300 ppm, les valeurs d'absorbance ont continué à baisser jusqu'à la fin des 30 minutes de lecture, autrement dit l'activité antioxydante de MAc 300 ppm s'est poursuivie sans atteindre l'équilibre. Dans le cas de MAc 100 ppm, il a été observé que la stœchiométrie extrait: DPPH testée (1,6:1) n'est pas adaptée pour inhiber le RL. Les lectures finales d'absorbance de ce mélange ont montré que la courbe arrivait à un équilibre avec des pourcentages de capture de 31,73 % et 31,75 %. En revanche, les extraits éthanologiques testés se sont avérés extrêmement actifs. Cependant, il existe aussi une différence marquée dans le comportement antiradicalaire de la solution plus diluée de l'extrait (Figure 8). Avec le traitement ME 600 ppm, la réaction a rapidement atteint l'équilibre avec une absorbance de 0,055 et un PI de 95,52 %, valeurs qui sont restées constantes dès 1 373 secondes jusqu'à la fin des trente minutes de lecture. ME 300 ppm, pour sa part, a également présenté une excellente activité de capture de RL, mais contrairement à ME 600 ppm, la vitesse de la réaction était inférieure ; il s'est stabilisé à 0,057 A et PI 92,37 %. Enfin, il a été constaté que ME 100 ppm réagit plus lentement que les extraits plus concentrés. Trente minutes après l'essai, la courbe ne se stabilise pas,

Figure 7. Valeurs médianes des absorbances, en fonction du temps, des mélanges extrait:DPPH = 1,6:1 des solutions de 100, 300 et 600 ppm en extrait de bois d'olivier avec de l'acétate d'éthyle



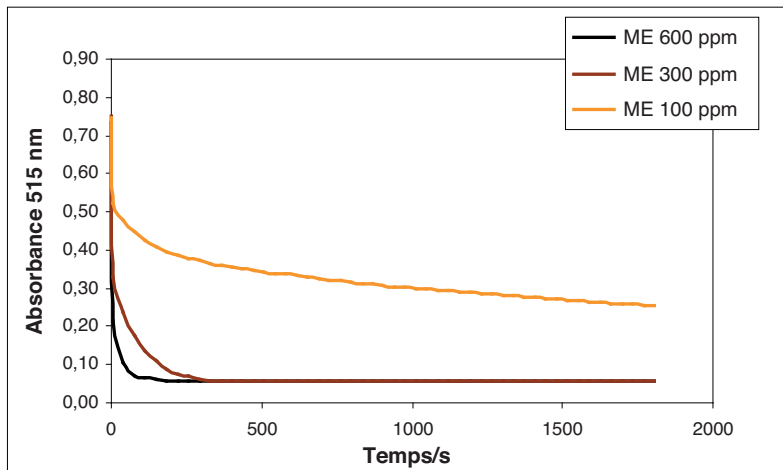
elle n'atteint pas l'équilibre et l'absorbance continue à diminuer, nécessitant dans ce cas un temps de réaction plus long.

Des précédentes études indiquent que la bioactivité notée dans les extraits végétaux est due non seulement aux différents mécanismes exercés par les composés phénoliques qu'il possède (flavonoïdes, tanins, quinones), mais aussi à l'effet synergique de l'ensemble des métabolites secondaires que peut contenir la plante (alcaloïdes, terpènes) et qui connaissent aussi cette activité (Murillo *et al.*, 2007).

Grâce à l'analyse effectuée sur la puissance inhibitrice du RL et à la cinétique de la réaction des extraits de bois d'olivier dans l'éthanol aqueux à 50 % et dans l'acétate d'éthyle sur le radical DPPH, il est confirmé que la polarité du solvant extracteur joue un rôle pertinent dans la capacité de capture du RL DPPH, comportement lié à la nature des composés extraits et qui pourrait s'expliquer par l'isolement et l'identification des composés purs présents dans les extraits et l'étude de leur capacité antioxydante.

Quel que soit le solvant utilisé, la présente étude montre que les extraits de bois d'olivier, à teneur élevée en PFT, sont d'excellents capteurs de RL et pourraient être considérés comme une source potentielle d'antioxy-

Figure 8. Valeurs médianes des absorbances, en fonction du temps, des mélanges extrait : DPPH = 1,6:1 des solutions 100, 300 et 600 ppm dans l'extrait de bois d'olivier avec éthanol à 50%



dants. Toutefois, toutes ces hypothèses doivent être confirmées par des études qualitatives et cinétiques plus approfondies et en particulier être complétées par l'application de ces extraits dans des systèmes biologiques réels pour évaluer la capacité de capture effective de RL.

### Activité antioxydante

Avec 120 ppm de PFT ajoutées, le traitement avec l'éthanol incorporait seulement 1,52 % et le traitement avec l'acétate d'éthyle, 4,68 % du total des phénols cumulés. L'augmentation phénolique dans le traitement S-ME a été inférieure à celle dans S-MAC, ce qui révèle une meilleure répartition des structures phénoliques de l'extrait MAC sur le substrat lipidique, éventuellement en raison du fait qu'avec l'acétate d'éthyle il est extrait des composés de moindre polari-

té et, en conséquence, avec une plus grande solubilité dans l'huile. Il a été observé qu'un jour après avoir été soumis à des températures élevées, à la fois S (huile d'olive vierge témoin) et les huiles avec des extraits, présentent une diminution initiale des PFT (tableau 4 et Figure 9). Au jour 0, l'augmentation phénolique dans les huiles avec traitements par rapport à la teneur en phénols du témoin, n'est pas significative. Il n'existe pas non plus de différences significatives dans les concentrations de PFT de S-ME, S-MAC et S, à 1 et 5 jours après le début de l'expérience (tableau 6).

En ce qui concerne la composition acide, les traitements S-ME et S-MAC n'ont montré aucun changement par rapport au profil acide de l'huile témoin. Autrement dit, l'ajout des extraits phénoliques n'a pas d'incidence sur la composi-

**TABLEAU 4.**  
Valeurs médianes et pourcentages de variation du témoin (S)  
et des traitements (S-ME et S-MAc)

Paramètres	Jours d'essai	S	% de variation	S-ME	% de variation	S-MAc	% de variation
			S		S-ME		S-MA
PFT	0	58,17		60,35		63,79	
	1	55,40	-4,75	59,12	-2,03	51,68	-18,98
	5	45,62	-21,57	45,39	-24,79	49,11	-23,01
IP	0	14,47		12,49		12,00	
	1	27,92	92,95	27,45	119,78	26,94	124,50
	5	62,35	330,89	73,46	488,15	71,92	499,33
K <sub>232</sub>	0	2,38		2,41		2,42	
	1	3,73	56,72	3,80	57,68	3,77	55,79
	5	6,33	165,97	8,64	258,51	7,88	225,62
K <sub>270</sub>	0	0,23		0,24		0,24	
	1	0,23	0,00	0,22	-8,33	0,27	12,50
	5	0,39	69,57	0,53	130,43	0,52	116,67
% AOL	0	1,07		1,04		1,04	
	1	1,13	5,61	1,13	8,65	1,10	5,77
	5	1,18	10,28	1,18	13,46	1,18	13,46

tion en acides gras du substrat lipidique, et conserve ses propriétés à cet égard. (Tableau 5 et Figure 10).

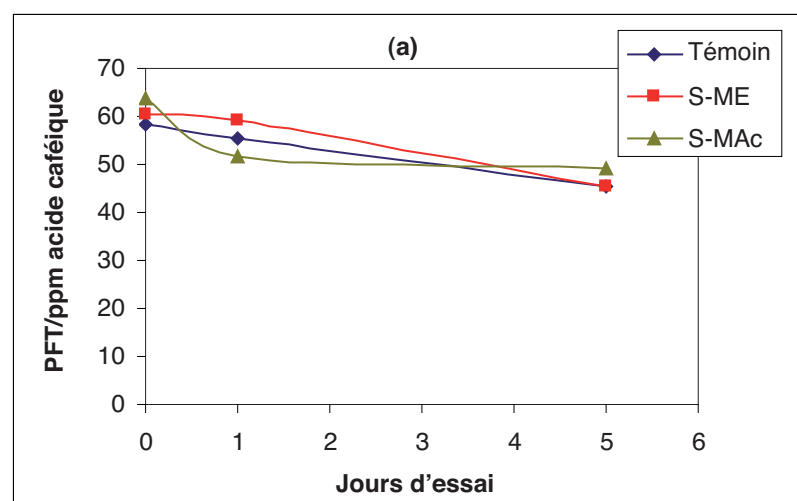
La consommation accélérée des polyphénols présents dans les huiles soumises à

traitement nous permet de supposer que l'ajout des extraits a contribué à protéger l'oxydation des acides gras de l'huile, cependant, il a été observé que les extraits de bois ajoutés à l'huile ont présenté une protection oxydati-

ve au jour 0, où une réduction significative des valeurs de IP dans les traitements par rapport à S ( $p < 0,0044$ ) (tableau 6) a été notée. Avant d'être soumis à l'effet de la température, les traitements ont réduit les pourcentages de IP de 14,19 % pour S-ME, et de 16,27 % pour S-MAc (tableau 4 et Figure 11). Au jour 1, après le début de l'expérience, le niveau IP des traitements est resté inférieur à celui du témoin, bien que ce ne soit pas de façon significative (tableau 6). Au jour 5, les valeurs IP des traitements étaient significativement plus élevées ( $p < 0,0255$ ) que ceux de S, alors qu'aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs de ce paramètre pour S-ME et S-MAc (tableau 6). Cette situation montre que la quantité d'antioxydants incorporés par les extraits n'a pas été capable de freiner l'oxydation violente déclenchée par la présence de radicaux libres, dont la formation est catalysée par la température élevée imposée lors de l'expérience. De plus, dans des conditions d'oxydation forcées, les extraits ont agi comme pro-oxydants, élevant la concentration des indicateurs d'oxydation.

Entre les jours 0 et 1, les courbes d'absorbance de K<sub>232</sub> des huiles avec ou sans traitement se chevauchent pratiquement sur la Figure 12 et même si l'effet protecteur des extraits ne s'est pas manifesté, alors qu'il s'est enregistré

Figure 9. Évolution de PFT de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc



**TABLEAU 5.**  
**Profil acide de l'huile (S) et des traitements (S-ME et S-MAc)**

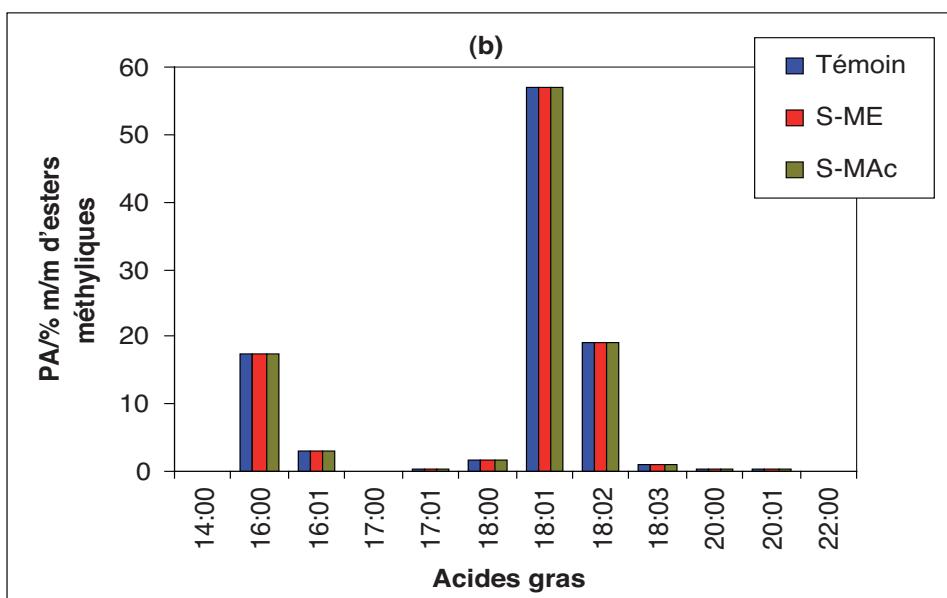
Acides gras	S		S-ME		S-MAc	
	Valeur	DE	Valeur	DE	Valeur	DE
14:0	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
16:0	17,33	0,01	17,34	0,02	17,32	0,00
16:1	3,10	0,00	3,12	0,01	3,10	0,00
17:0	0,09	0,00	0,09	0,00	0,09	0,00
17:1	0,21	0,00	0,21	0,01	0,20	0,01
18:0	1,53	0,01	1,54	0,02	1,52	0,00
18:1	57,12	0,00	57,12	0,02	57,10	0,01
18:2	19,07	0,01	19,05	0,01	19,07	0,01
18:3	0,94	0,00	0,94	0,01	0,94	0,00
20:0	0,40	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00
20:1	0,29	0,01	0,28	0,00	0,28	0,00
22:0	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00

**TABLEAU 6.**  
**Valeurs médianes de PFT, IP, K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub> et % AOL des traitements S, S-ME et S-MAc**

Jours d'essai	Traitements	Valeurs médianes *				
		PFT	IP	K <sub>232</sub>	K <sub>270</sub>	% AOL
0	S	58,17 A	14,47 B	2,38 A	0,23 A	1,07 B
	S-ME	60,35 A	12,49 A	2,41 A	0,24 A	1,04 AB
	S-MAc	63,79 A	12,00 A	2,42 A	0,24 A	1,04 A
1	S	55,40 A	27,92 A	3,73 A	0,23 AB	1,13 A
	S-ME	59,12 A	27,45 A	3,80 A	0,22 A	1,13 A
	S-MAc	51,68 A	26,94 A	3,77 A	0,27 B	1,10 A
5	S	45,62 A	62,35 A	6,33 A	0,39 A	1,18 A
	S-ME	45,39 A	73,46 B	8,64 B	0,53 B	1,18 A
	S-MAc	49,11 A	71,92 B	7,88 AB	0,52 AB	1,18 A

\* Des lettres différentes indiquent, dans un même paramètre et jour d'essai, des différences significatives à 5%.

Figure 10. Profil acide de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc



avec l'IP pour ces mêmes jours, les différences entre K<sub>232</sub> de S, S-ME et S-MAc ne sont pas significatives (tableau 6). Les absorbances pour K<sub>270</sub> affichent des valeurs proches les unes des autres (Figure 13) et l'analyse statistique a révélé (tableau 6) qu'il n'existe pas de différences significatives entre les valeurs enregistrées pour ce même jour. Cela indique qu'il n'y avait aucun apport de produits d'oxydation primaire ou secondaire avec l'ajout d'extrait au substrat. Après 1 jour de chauffage, K<sub>270</sub> de l'huile témoin ne différait pas statistiquement des traitements. Cinq jours après le début de l'expérience, K<sub>270</sub> de S était significativement inférieur (p < 0,0435) à celui de S-ME (tableau 6) et les traitements n'ont exercé aucune protection contre les processus d'oxydation primaire ou secondaire. Probablement la moindre augmentation de K<sub>232</sub> et K<sub>270</sub> dans S, par rapport aux valeurs des traitements, était due au fait qu'il est ajouté aux extraits des composés qui, soumis à la haute température de l'expérience, donnent lieu à des produits d'oxydation primaire et secondaire qui augmentent les indices correspondants.

Au niveau statistique, le pourcentage d'acide oléique libre de S-ME ne présente aucune différence significative avec celui de S-MAc ni avec celui de l'huile témoin, tandis que le pourcentage AOL de

Figure 11. Évolution des IP de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc

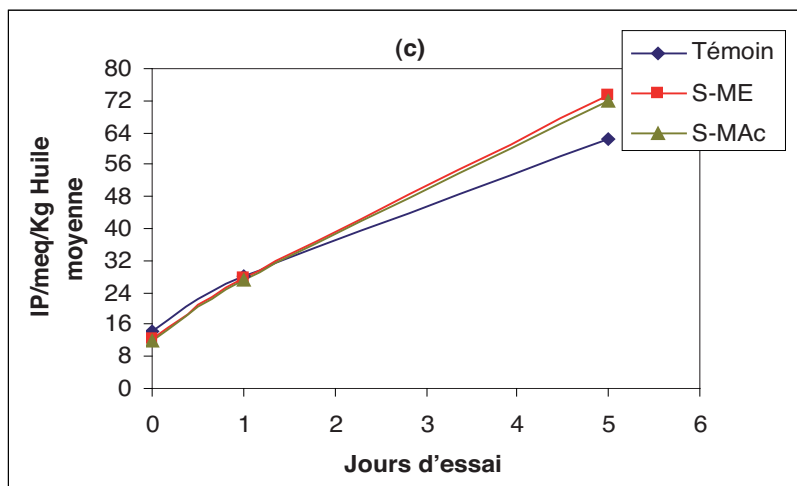


Figure 12. d) Évolution des valeurs de  $K_{232}$  de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc

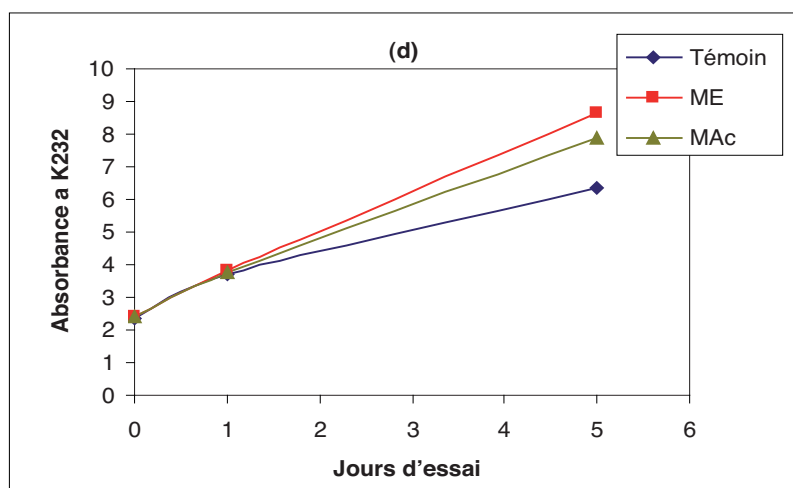
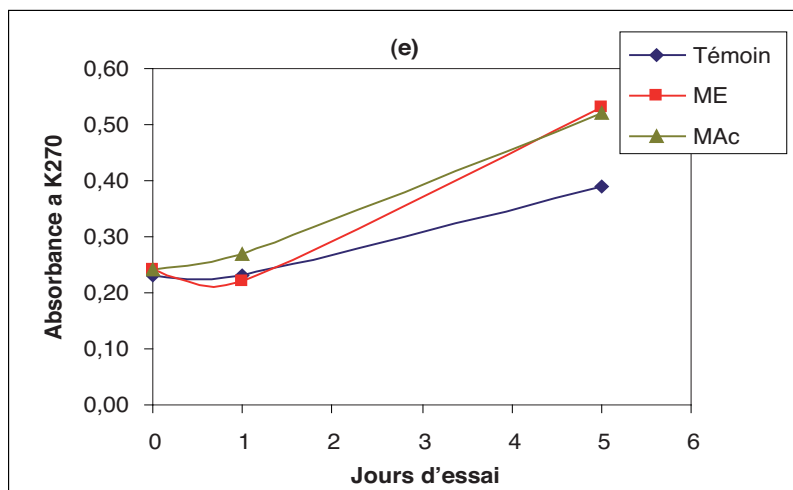


Figure 13. Évolution des valeurs de  $K_{270}$  de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc



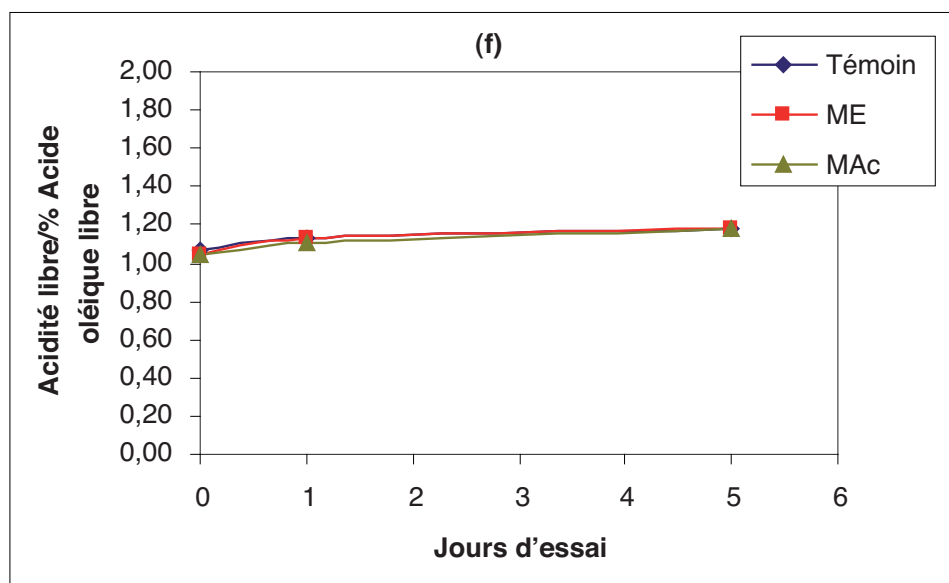
S-MAc était significativement inférieur ( $p < 0,0291$ ) à celui de S (tableau 6). Du jour 1 jusqu'à la fin de l'essai, les traitements ont évolué de manière similaire à S et n'ont présenté aucune différence significative (tableaux 4, 6 et Figure 14).

## CONCLUSION

Les extraits de bois d'olivier dans l'éthanol aqueux et l'acétate d'éthyle ont une grande capacité à capter le radical libre DPPH et, appliqués sur l'huile d'olive vierge, ils exercent, à température ambiante, un léger effet protecteur ; mais ils manquent d'activité antioxydante lorsque le substrat lipidique est soumis à des conditions forcées et extrêmes d'oxydation, voire ils présentent un comportement pro-oxydant. En outre, avec leur application, le pourcentage d'acide oléique libre et la composition en acides gras de l'huile utilisée comme substrat ne sont pas modifiés.

Compte tenu de ce qui précède, nous concluons que les extraits avec éthanol et acétate d'éthyle de bois de taille d'oliviers de la variété Arbequina, originaires de la vallée centrale de la province de Catamarca - Argentine, constituent une matière première précieuse pour l'extraction de polyphénols d'origine naturelle, et comparés à d'autres sources d'extraction, présentent des avantages,

Figure 14. Évolution du % d'AOL de l'huile témoin et des traitements S-ME et S-MAc



avec de bons rendements polyphénoliques et d'importantes propriétés antioxydantes.

Les résultats obtenus dans cette étude fournissent des données sur la possibilité de considérer le bois de taille d'olivier, provenant de la vallée centrale de Catamarca, comme un sous-produit de l'industrie oléicole et une matière première pour l'isolement d'extraits phénoliques et de composés purs à activité antioxydante, plutôt que comme des résidus. Cette stratégie de récupération implique non seulement de contribuer à la prévention des problèmes environnementaux, mais aussi de rendre rentable un matériau complètement sous-valorisé, établissant ainsi des pratiques agricoles durables, avec la possibilité de générer des industries compétitives dans

le secteur, avec les avantages sociaux qui en découlent. ■

## BIBLIOGRAPHIE

Altarejos J., Nogueras M., Sánchez A., (1997). VIII Symposium Científico-Técnico de Expoliva, Jaén.

Andrada C., Luna M., Gómez P., (2008). "La reconversión productiva de la olivicultura en Catamarca". La Alimentación Latinoamericana. N° 276. Pp. 54-60.

Brand-Williams W., Cuvelier M., Berset C., (1995). "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity". Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie/Food Science and Technology. Vol. 28. Pp 25-30.

Cáceres R., Novello R., Robert M., (2009). "Estudios

Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales". S ISSN 1852-4605. N° 2. Pp 11-41.

De la Torre Carbot K. Efecto del consumo del aceite de oliva sobre la composición de las lipoproteínas de baja densidad en individuos de diferentes países europeos. Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona. 21-40, 2007.

Dwyer J., (1996). "Is there a need to change the American Diet?: Dietary phytochemicals in cancer prevention and treatment". Adv. Experiment. Med. Biol. N° 401. Pp. 192-193.

Gómez E., Salim Rosales C., Gómez P., Bravo M., (2008). "Métodos de extracción de polifenoles en hojas y residuos leñosos de Olivos". IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Ed. Universitaria de resúmenes- Línea científica. Catamarca. Argentina. Pp. 296.

Gómez P., Dalla Lasta M., Porcú E., Bravo M., Nieto S., Kaen R., (2007) "Evaluación de la actividad antioxidante de extracto fenólico de alperujo". Aceites y Grasas N° 67. Tomo XVII. Vol. 2. Buenos Aires. Argentina. Pp. 336-341.

Gómez P., Dalla Lasta M., Bravo M., Rosales Salim C., Gómez E., Castillo D., (2008) "Efecto de extractos

- de alperujo de Arbequina y Coratina sobre la estabilidad de aceite de oliva virgen". IV Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida. Ed. Universitaria de resúmenes- Línea científica. Catamarca. Argentina. Pp. 171.
- Halls, S., (2003). "In *vinus vitali*? Compounds activate life-extending genes". Science. N° 301. Pp. 165.
- Harbone, J., (1994). "Introduction to Ecological Biochemistry". 4ta. Edición. Academic Press Ed., London. Pp. 384.
- Iñiguez Monterde, A; Sánchez Riquelme, L; Sierra Carrascosa, M., (1999). "Poda e Injertos del Olivo". Cuadernos de tecnología agraria. Serie agricultura. N° 2. Pp. 5-6.
- Matías, C.; Cáceres, R., (2012). "Olivo: el cultivo con mayor crecimiento". INTA Informa. Año XI N° 123. Marzo 2012. Disponible en: [http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/02/Inta\\_Informa\\_123.pdf](http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/02/Inta_Informa_123.pdf)
- Matsuki M., (1996). "Aust" J. Bot. N° 44. Pp. 613-634.
- Mosquera O., Niño J., Correa Y., Buitrago Bejarano D., (2005). "Estandarización del método de captura de radicales libres para la evaluación de la actividad antioxidante de extractos vegetales". Scientia et Técnica. Año XI. N° 27. Pp. 231-234
- Murillo E., Lombo O., Tique M., Méndez J., (2007). "Potencial Antioxidante de *Bauhinia Kalbreyeri* Harms (FABACEAE)". Información Tecnológica N° 6. Vol 18. Pp 65-74.
- Oliveras López J., (2005). "Calidad del aceite de oliva virgen extra. Antioxidantes y función biológica". Tesis de Doctorado. Universidad de Granada. 25-56.
- Ozkaya M., Celik M., (1999). Acta Hort. N° 474. Pp. 477.
- Pallares J. H., (2012). "La crisis golpea al sector olivícola". LA NACION. 2012 - lanacion.com. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1442206-la-crisis-golpea-al-sector-olivicola>.
- Pelayo Villarejo E., (2006). "Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Económica para la industria de zumos. Aplicación práctica para el caso de zumos funcionales y nutraceuticos obtenidos de olivo, romero y alcachofa". Trabajo de doctorado. Pp 12-13 y 51-53.
- Pérez-Bonilla M., S. Salido, P. Linares, T. van Beek, J. Altarejos, M. Noguera, A. Sánchez. La madera de olivo como nueva fuente de antioxidantes naturales. Foro de la tecnología oleícola y la calidad. Código TEC-26. 2003.
- Disponible en:  
<<http://www.expoliva.com/expoliva2003/symposium/com.asp?anio=2003&odigo=TEC>>.
- Reales N., Gómez P., Salim Rosales C., Bravo M., Gómez E. "Actividad antioxidante de extractos de hoja de olivo, cultivar Coratina, del Valle Central de Catamarca". Revista del CIZAS. Vol 11. N°1. Año 2010. Pp. 27-39.
- Romani A., Mulinacci N., Pinelli P., Cimato A., (1999). "Polyphenolic Content in Five Tuscany Cultivars of *Olea Europaea* L". J Agric. Food Chem. Vol. 47. Pp. 964-967.
- Rosales Castro M. y Gonzáles Laredo R., (2003). "Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino". Maderas y Bosques. N° 2. Vol. 9. Pp. 41-49.
- Rugna A., Riccio R., Gurni A. y Wagner M., (2007). "Efectos de la radiación solar sobre la producción de polifenoles en ejemplares femeninos de *Smilax Campestris* Griseb. -Smilacaceae-." Comunicaciones breves. Lat. Am. J. Pharm. N° 3. Vol. 26. Pp. 420-423.
- Searles P., Aguero Alcarás M., Rousseaux M., (2011). "El consumo del agua por el cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en el noroeste de Ar-

gentina: una comparación con la Cuenca Mediterránea”. *Ecología Austral* N° 21. Pp15-28.

Tsukamoto H., Hisada S., Nishibe S., (1985). *Shoyakugaku Zasshi*. N° 39. Pp. 90.

Venereo Gutiérrez J., (2002). “Daño Oxidativo, Radicales Libres Y Antioxidantes”. *Rev. Cuban Medic. Militar*. N° 2. Vol. 31. Pp. 126-133.

Venereo Gutiérrez J., (2002). “Daño oxidativo, ra-

dicales libres y antioxidantes.” *Rev. Cubana Med. Milit*. 2002; 31(2). Pp. 126-133.

von Gadow A., Joubert E., Hansmann C., (1997). “Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*),  $\alpha$ -tocopherol, BHT and BHA”. *J. Agric. Food Chem*. N° 45. Vol. 3. Pp. 632-638.

Waterman P y S. Mole. *Methods in ecology*, (1994). “Analysis of phenolic plant

metabolites”. Blackwell Scientific publications. Pp. 237.

Wood J., Senthilmohan S. y Peskin A., (2001). “Antioxidant activity of procyanidin-containing plant extracts at different pHs”. *Food Chemistry* N° 77. Pp. 155-161.

Ryan D., Robards K., Prenzler P., Antolovich M., (1999). “Applications of mass spectrometry to plant phenols. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*”. Cap.18. Pp. 362-372.



# Influence des facteurs technologiques sur l'huile d'olive vierge\*

M. Servili

Dipartimento di Scienze Economico-Estimative e degli Alimenti, Facoltà di Agraria, Università di Perugia,  
Via San Costanzo, 06121 Perugia (Italia). [servimau@unipg.it](mailto:servimau@unipg.it)

Conformément à la législation européenne (CE 61/2011) et au Conseil oléicole international (COI, 2010), la qualité marchande de l'huile d'olive vierge (HOV) est déterminée par des paramètres tels que l'acidité libre et le statut oxydatif (indice de peroxyde,  $K_{232}$ ,  $K_{270}$  et  $\Delta K$ ), qui identifient la détérioration du produit, tandis que d'autres marqueurs analytiques tels que cires, stérols, alcools aliphatiques et triterpéniques, isomères trans d'acides gras, composition des acides gras et triglycérides et stigmastadiènes sont pris en compte pour empêcher le frelatage et la fraude en rapport avec l'huile.

L'analyse sensorielle a été ajoutée aux méthodes analytiques pour contrôler l'apparition de saveurs défectueuses non autorisées dans l'huile d'olive vierge extra (HOVE) en vertu des règlements de l'UE. En fait, les saveurs défectueuses ont été définies par le Conseil oléicole international (COI, 1987), qui a également normalisé la procédure pour leur détermination sur la base de

valeurs attribuées par analyse sensorielle (règlement de l'UE 1989/03).

Les paramètres commerciaux ne tiennent pas compte des marqueurs analytiques qui certifient les propriétés sensorielles et liées à la santé des HOVE même si celles-ci représentent une fraction importante de la composition exclusive de la HOVE qui la rend si unique par rapport à toutes les autres huiles végétales couramment consommées dans le monde. Ces marqueurs sont, par exemple, les composés antioxydants naturels, l'acide oléique, acide gras monoinsaturé, et le squalène. En outre, ces marqueurs ne sont pas déclarés sur l'étiquetage actuel des HOVE ; les consommateurs ne sont donc pas informés des propriétés bénéfiques pour la santé du produit, qui sont principalement attribuables à sa teneur élevée en acide oléique, en squalène et en antioxydants naturels ainsi qu'en composés phénoliques, tocophérols et caroténoïdes (López-Miranda *et al.*, 2010 ; Bach-Faig *et al.*, 2011 ; Cicerale *et al.*, 2011).

Les propriétés sensorielles (principalement arôme) de la HOVE sont le résultat d'un mélange complexe de composés volatils, aldéhydes saturés et insaturés  $C_5$  et  $C_6$ , alcools et esters qui sont responsables de goûts typiques (« herbe coupée », « foin » et « floral »), ainsi que des phénols hydrophiles qui donnent des notes d'amertume et de puissance (Angerosa *et al.*, 2004 ; Servili *et al.*, 2004 ; 2009a). En outre, ces composés montrent une grande activité antioxydante et jouent un rôle important dans la prévention et/ou la réduction des événements dégénératifs chroniques basés sur des processus inflammatoires ainsi que des maladies dégénératives chroniques comme les maladies cardiovasculaires-cérébrales (EFSA, NDA, 2011) et le cancer (Servili *et al.*, 2009b ; Obied *et al.*, 2012).

L'importance nutritionnelle de la HOVE a toujours été liée à sa teneur élevée en acides gras monoinsaturés (AGMI), en particulier l'acide oléique. Toutefois, au cours de la dernière décennie, une variabilité importante

\* Cet article est une version abrégée du document présenté au Séminaire international sur le présent et l'avenir du secteur oléicole en Méditerranée qui s'est tenu à Saragosse, en Espagne, en novembre 2012.

a été observée dans la teneur en acide oléique des HOVE, traditionnellement comprise entre 55 et 83 % de la teneur totale en acides gras. Cette forte variabilité est étroitement liée à l'expansion de la culture de l'olivier à plusieurs nouvelles zones de culture où les HOVE produites ont une faible teneur en acide oléique, inférieure à 50 %, ce qui affecte, sans aucun doute, les propriétés nutritionnelles et associées à la santé de la HOVE (Terés *et al.*, 2008 ; López-Huertas, 2010). Les mêmes remarques s'appliquent aux tocophérols et aux phénols hydrophiles présents dans la HOVE (Servili, 2012a).

Les polyphénols de la HOVE constituent un groupe de métabolites secondaires des plantes qui ne se trouve pas souvent dans d'autres huiles et graisses. Il s'agit de la classe la plus importante de phénols ; elle comprend les alcools et acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignanes et les sécoïridoïdes (Servili *et al.*, 2004 ; Obied *et al.*, 2008), que l'on trouve exclusivement dans les plantes appartenant à la famille des *Oleaceae* (dont l'olive est le seul fruit comestible) et qui constituent la fraction la plus importante du point de vue biologique. En particulier, les principaux sécoïridoïdes sont la forme dialdéhydrique de l'acide élénolique decarboxyméthylé

au 3,4-DHPEA ou p-HPEA (3,4-DHPEA-EDA ou p-HPEA-EDA), le 3,4-DHPEA-EA isomère d'aglycone oleuropéine et l'aglycone de ligstroside (p-HPEA-EA) (De Marco *et al.*, 2007 ; Obied *et al.*, 2007 ; 2008 ; Servili *et al.*, 1999 ; 2004 ; 2009b).

Plusieurs facteurs agronomiques tels que le cultivar, le stade de maturation, l'origine géographique et génétique des olives, l'irrigation des oliviers et des facteurs technologiques tels que les conditions d'extraction de l'huile au cours du broyage, du malaxage et de la séparation de la HOVE (Angerosa *et al.*, 2004 ; Servili *et al.*, 2004 ; 2009a ; Inglese *et al.*, 2011) ont une forte influence sur la composition qualitative et quantitative des fractions volatiles et phénoliques. En effet, lors du broyage, certaines enzymes endogènes (polyphénoloxydase (PPO), peroxydase (POD) et lipoxigénase (LOX)), sont distribuées sous différentes formes dans les éléments constitutifs de la drupe ; la POD en particulier est en grande partie contenue dans l'amandon (Servili *et al.*, 1999), tandis que la PPO se trouve principalement dans le mésocarpe. Ces enzymes endogènes jouent un rôle important dans la détermination de la quantité de composés phénoliques et volatils présents dans la HOVE.

L'activité des PPO, POD et LOX endogènes est régulée par les conditions de malaxage (température et concentration en oxygène), qui affectent également fortement la concentration en phénols hydrophiles et composés volatils dans la HOVE. La concentration en phénol de la pâte d'olive et de l'huile est diminuée par l'activité de la PPO et de la POD, qui catalyse l'oxydation du phénol, tandis que les aldéhydes, alcools et esters saturés et insaturés C<sub>5</sub> et C<sub>6</sub>, associés aux notes sensorielles « vertes » dans la HOVE, sont produits par la LOX par une voie en cascade (Angerosa *et al.*, 2004 ; Servili *et al.*, 2007a).

Les phénols et les composés volatils dans la HOVE sont fortement affectés par le système de broyage. Selon Servili *et al.*, (1999), les phénols sont principalement concentrés dans la pulpe et ne se trouvent qu'en petites quantités dans le noyau et l'amandon des olives. La teneur en phénol hydrophile de la HOVE peut être augmentée en utilisant un type de marteau qui a un effet différencié sur les éléments constitutifs des drupes, par exemple un broyeur à lame, broyeur à disques dentés, pré-concasseur ou broyeur à meules, ce qui diminue la libération de POD dans la pâte afin d'atténuer la dégradation du tissu de la graine (Servili *et al.*, 2007a). C'est d'ailleurs confirmé par le fait

que la concentration en phénol de la HOVE est plus élevée lorsque les noyaux ont été retirés des olives avant l'extraction mécanique de la HOVE (Angerosa *et al.*, 1999 ; Lavelli et Bondesan, 2005 ; Mulinacci *et al.*, 2005 ; Amirante *et al.*, 2006 ; Servili *et al.*, 2007a). Le système de broyage affecte également beaucoup la concentration des composés volatils de la HOVE. Par exemple, l'utilisation d'un broyeur à marteau, qui broie grossièrement la pulpe, entraîne une augmentation de la température de la pâte d'olive et une diminution concomitante de l'activité HPL (Servili *et al.*, 2002 ; Angerosa *et al.*, 2004).

Certains auteurs ont étudié les relations entre les conditions de malaxage (temps, température et faible concentration en oxygène dans l'espace de tête du malaxeur) et la concentration en composés volatils et phénoliques de la HOVE, qui est déterminée en contrôlant la quantité d'oxydoréductases endogènes, telles que PPO, POD et LOX. Au cours du malaxage, la diminution des valeurs d'O<sub>2</sub> (observée dans les malaxeurs couverts) inhibe l'activité de la PPO et de la POD et augmente la concentration en phénols hydrophiles dans la pâte d'olive et dans la HOVE obtenue (Servili *et al.*, 2008a ; 2008b ; Taticchi *et al.*, 2013). En outre, la production natu-

relle de CO<sub>2</sub> provoquée par le métabolisme cellulaire de l'olive pendant le malaxage réduit l'activité oxydative dans la pâte pendant cette phase (Parenti *et al.*, 2006 a ; 2006b ; Servili *et al.*, 2008a). L'influence de la température de malaxage sur la concentration phénolique a été récemment étudiée (Boselli *et al.*, 2009 ; Gómez-Rico *et al.*, 2009). Lorsque la concentration en oxygène est faible dans les pâtes malaxées, la dégradation oxydative phénolique due à l'activité de la PPO et de la POD est inhibée alors que la solubilité phénolique de la HOVE est améliorée par une augmentation de la température (Taticchi *et al.*, 2013). Ces résultats montrent que des températures supérieures à 30 °C inactivent partiellement la PPO. D'autre part, ces valeurs de température pourraient augmenter l'activité des enzymes de dépolymérisation qui favorisent la libération des phénols hydrophiles dans l'huile et l'eau de végétation par hydrolyse de la paroi cellulaire de l'olive (Vierhuis *et al.*, 2001 ; Servili *et al.*, 2008a ; 2008b). En outre, il a été observé que les enzymes impliquées dans la voie de la LOX sont actives pendant le malaxage. Pour cette raison, les cultivars et la température du malaxage affectent le profil volatil et, par conséquent, les caractéristiques sensorielles des HOVE ainsi obtenues (Angerosa *et al.*, 2004 ; Servili *et*

*al.*, 2009a). En fait, au cours de malaxage, des températures supérieures à 35 °C diminuent la quantité de composés volatils dans les HOVE. En particulier, la concentration en aldéhydes semble être affectée par la température de traitement : les plus petites quantités sont observées à 35 °C tandis que la plus forte concentration se produit à 25 °C. Les esters se comportent de la même manière que les aldéhydes, alors que la concentration en alcools augmente avec la température de malaxage. Ainsi, la température de malaxage doit être fixée à environ 25 °C. Cependant, plusieurs études menées il y a quelques années sur différents cultivars ont révélé que la diminution de la production d'arômes par la voie de la LOX (due à des températures élevées) dépend du cultivar. Cet aspect ouvre une nouvelle voie de recherche pour optimiser les conditions du malaxage afin de tenir compte des variations liées aux cultivars. Des études préliminaires ont été réalisées sur certains cultivars italiens pour définir les meilleures conditions de malaxage en termes de température et de concentration en O<sub>2</sub>. Elles révèlent que les meilleures températures de travail sont comprises entre 20 et 33 °C tandis que la concentration en oxygène doit être comprise entre 50 et 30 KPa (Servili *et al.*, 2012a).

La quantité de fractions phénoliques dans la HOVE est également influencée par le système d'extraction utilisé, par exemple pressage ou centrifugation. Dans les systèmes traditionnels de centrifugation, une grande quantité d'eau a été ajoutée afin de réduire la viscosité de la pâte et d'améliorer le rendement en huile. Cependant, cela a aussi réduit la concentration phénolique de la HOVE et modifié ses caractéristiques sensorielles et nutritionnelles. Au cours des vingt dernières années, ce système d'extraction a été adapté afin de réduire la quantité d'eau ajoutée lors de l'extraction de l'huile. Les centrifugeuses peuvent être classées en trois groupes à cet égard : (a) centrifugeuses à trois phases traditionnelles, caractérisées par l'ajout de 0,5 à 1 m<sup>3</sup> d'eau par tonne ; (b) nouvelles centrifugeuses à trois phases comportant l'ajout de 0,2 à 1 m<sup>3</sup> d'eau par tonne au maximum ; (c) centrifugeuses à deux phases qui peuvent fonctionner sans ajout d'eau et qui ne produisent pas d'eau de végétation en tant que sous-produit du procédé d'extraction de l'huile. Les nouveaux systèmes de centrifugation produisent des huiles avec une teneur en composés phénoliques plus élevée que les systèmes traditionnels parce qu'ils réduisent la perte en phénol hydrophile dans l'eau de végétation. Par conséquent, la surveillance de la

température pendant le malaxage et la réduction de la quantité d'eau ajoutée avant la centrifugation sont des points critiques de la technologie d'extraction de l'huile qui affectent grandement la qualité de la HOVE.

### **STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES POUR LA VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DE L'HUILE D'OLIVE VIERGE**

Au cours des deux dernières décennies, la nouvelle approche de l'extraction de la HOVE tend vers la valorisation des sous-produits tels que grignons d'olive et eau de végétation (EVO), tous deux considérés par le passé comme des déchets dont l'élimination entraînait des frais supplémentaires. Cette nouvelle approche devrait également viser à améliorer les sous-produits afin d'augmenter la rentabilité du procédé. En particulier, la réutilisation innovante des sous-produits de la HOVE est importante en raison des phénols hydrophiles qu'ils contiennent, dont la quantité est grandement affectée par les conditions agronomiques et technologiques de la production de HOVE. En effet, après broyage et malaxage, seule une petite proportion des phénols est libérée dans la HOVE - entre 1 et 3 % de la concentration phénolique

totale des olives - tandis qu'une plus grande quantité se trouve dans les grignons et l'EVO (Servili *et al.*, 1999 ; 2004 ; 2007a ; 2007b ; 2011a). En Italie, la centrifugation à trois phases est le système d'extraction le plus commun. Elle nécessite de diluer la pâte malaxée avec de l'eau et produit 50 à 90 L de EVO/100 kg de pâte d'olive et 50 à 60 kg de grignons d'olive/100 kg de pâte d'olive. À l'heure actuelle, le système à deux phases est largement utilisé en Espagne et se caractérise par une forte réduction de la consommation en eau au cours du processus d'extraction : il produit 70 kg de grignons d'olive/100 kg de pâte d'olive.

L'huile résiduelle contenue dans les grignons est récupérée par extraction avec des solvants organiques. De nouvelles possibilités de valorisation des grignons comprennent la production de compost, l'utilisation comme combustible pour produire de l'énergie thermique à partir d'une source renouvelable et comme additif dans l'alimentation animale (Pauselli *et al.*, 2007 ; Servili *et al.*, 2007a).

Dans le cas de l'EVO, les grandes quantités de phénols bioactifs contenues dans ce sous-produit peuvent être récupérées. L'EVO est constituée d'une émulsion d'eau, d'huile, de mucilage et de pectines et contient de 3 à

16 % de matières organiques, de 1 à 8 % de sucres, de 1,2 à 2,4 % de composés azotés et de 0,34 à 1,13 % de composés phénoliques (Naionakis et Halvadakis, 2004). Les sécoïridoïdes tels que le 3,4-DHPEA-EDA et le verbascoside sont les composés phénoliques les plus abondants dans l'EVO (Servili *et al.*, 2004). Le potentiel de pollution des EVO dépend strictement de sa teneur en polyphénols. Il est exprimé en demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) et varie de 35 à 110 g/L, alors que la demande chimique en oxygène (DCO) varie de 40 à 196 g/L (Niaonakis et Halvadakis, 2004). La récupération de grandes quantités de phénols des EVO est, en conséquence, un procédé innovant pour la réutilisation d'un produit dont l'élimination représente un coût pour les moulins (Roig *et al.*, 2006). Diverses approches ont déjà été mises en œuvre (Turano *et al.*, 2002 ; Kujawski *et al.*, 2004 ; Roig *et al.*, 2006 ; Agalias *et al.*, 2007 ; Paraskeva *et al.*, 2007 ; Russo, 2007 ; Khoufi *et al.*, 2008 ; Gortzi *et al.*, 2008), bien qu'il existe des contraintes pour leur application à l'échelle industrielle en raison de la complexité du pré-traitement de l'EVO et des coûts élevés associés au traitement et aux installations. Un système de filtration à membrane a été récemment appliqué à l'échelle industrielle pour obtenir

un concentré phénolique brut (CPB) à partir de l'EVO après pré-traitement avec un pool enzymatique de dépolymérisation (Servili *et al.*, 2011a). En appliquant ce procédé, il est possible d'obtenir un volume d'EVO compris entre 75 et 80 % et une réduction importante de la charge de pollution de l'EVO originale (plus de 95 %). En particulier, la concentration en polyphénols du CPB obtenu est quatre fois plus élevée que celle de l'EVO initiale. Les polyphénols présents en plus grandes quantités sont le 3,4-DHPEA-EDA et le verbascoside, bien que la teneur du premier soit fortement affectée par le stockage prolongé de l'EVO dû à l'hydrolyse de l'EVO (Servili *et al.*, 2011a). ■

## RÉFÉRENCES

Agalias A., Magiatis P., Skaltsounis A., Mikros E., Tsarbopoulos A., Gikas E., *et al.*, 2007. A new process for the management of olive oil mill waste water and recovery of natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, p. 2671-2676.

Amirante P., Clodoveo M., Dugo L., Leone G., Tamborrino A., 2006. Advance technology in virgin olive oil production from traditional and de-stoned pastes: Influence of the introduction of

a heat exchanger on oil quality. *Food Chemistry*, 98, p. 797-805.

Angerosa F., Servili M., Selvaggini R., Taticchi A., Esposito S., & Montedoro G F., 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: Occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054, p. 17-31.

Angerosa F., Basti C., Vito R., Lanza B., 1999. Effect of fruit stone removal on the production of virgin olive oil volatile compounds. *Food Chemistry*, 67, p. 295-299.

Bach-Faig A., Berry EM., Lairon D., Reguant J., Trichopoulou A., Dernini S., ... & Serra-Majem L., 2011. Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. *Public Health Nutrition*. 14, p. 2274-2284.

Boselli E., Di Lecce G., Strabbioli R., Pieralisi G. & Frega N.G., 2009. Are virgin olive oils obtained below 27 °C better than those produced at higher temperatures? *LWT - Food Science and Technology*, 42, 3, p. 748-757.

Cicerale S., Lucas LJ, and Keast RSJ., 2011. Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. *Current opinion in biotechnology*, 23, (2), p. 129-135.

De Marco E., Savarese M., Paduano A., Sacchi, R., 2007. Characterization and fractionation of phenolic compounds extracted from olive oil mill waste waters. *Food Chemistry*, 104, p. 858-867.

E.U., 2003 November 6, Regulation 1989/03 amending Regulation (EEC) No 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive-pomace oil and on the relevant methods of analysis. Official Journal of the European Communities L. 295/57 13/11/2003.

E.U., 2011. Regulation No. 61/2011 of 24 January 2011 amending Regulation (EEC) No. 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis. Official Journal of the European Union, L23, 1-14.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*. 9, 4, 2033, p. 1-25.

Gómez-Rico A., Inarejos-García A. M., Salvador D.M., & Fregapane G., 2009.

Effect of malaxation conditions on phenol and volatile profiles in olive paste and the corresponding virgin olive oils (*Olea europaea* L. Cv. Cornicabra). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(9), p. 3587-3595.

Gortzi O., Lalas S., Chatzilazarou A., Katsoyannos E., Papaconstantinou S., Dourtoglou E., 2008. Recovery of natural antioxidants from olive mill wastewater using Genapol-X080. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, p. 133-140.

Inglese P., Famiani F., Galvano F., Servili M., Esposito S., Urbani S., 2011. Factors affecting extra-virgin olive oil composition. In *Horticultural Reviews*, Jules Janik Ed., John Wiley & Sons Pubs., 38, p. 83-148.

International Olive Council, IOC, 1987. Sensory analysis of olive oil – Method – Organoleptic assessment of virgin olive oil. COI/T.20/Doc. No. 3. Madrid, June 18th.

International Olive Council, IOC, 2010. Determination of the content of waxes, fatty acid methyl esters and fatty acid ethyl esters by capillary gas chromatography. COI/T. 20/NC No 28/Rev. 1, 1-17.

Khoufi S., Aloui F., Sayadi S., 2008. Extraction of antioxidants from olive mill

wastewater and electro-coagulation of exhausted fraction to reduce its toxicity on anaerobic digestion. *Journal of Hazardous Materials*, 151, p. 531-539.

Kujawski W., Warszawski A., Ratajczak W., Porębski T., Capała W., Ostrowska I., 2004. Removal of phenol from wastewater by different separation techniques. *Desalination*, 163, p. 287-296.

Lopez-Huertas E., 2010. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Research*, 61, p. 200-207.

López-Miranda J., Pérez-Jiménez F., Ros E., et al., 2010. Olive oil and health: Summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaén and Córdoba (Spain) 2008. In *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 20, p. 284-294.

Lavelli V., and Bondesan L., 2005. Secoiridoids, tocopherols, and antioxidant activity of monovarietal extra virgin olive oils extracted from destoned fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 53, p. 1102-1107.

Mulinacci N., Giaccherini C., Innocenti M., Romani A., Vincieri F.F., Marotta F., Mattei A., 2005. Analysis of extra virgin olive oils from

stoned olives. *J. Sci. Food Agric.* 85, p. 662- 670.

Niaounakis M., Halvada-  
kis C.P., 2004. Olive-mill  
waste management. Literature  
review and patent survey.  
Atene: Typothito- George  
Dardanos.

Obied H.K., Bedgood Jr.  
D.R., Prenzler P.D., Robards  
K., 2007. Bioscreening of  
Australian olive mill waste  
extracts: Biophenol content,  
antioxidant, antimicrobial  
and molluscicidal activities.  
*Food and Chemical Toxicology*, 45, p. 1238-1248.

Obied H.K., Prenzler  
P.D., Omar S. H., Ismael R.,  
Servili M., Esposto S., Tatic-  
chi A., Selvaggini R., and  
Urbani S., 2012. Pharmacol-  
ogy of Olive Biophenols., p.  
195-223. *In Advances in mo-  
lecular toxicology* Vol. 6.  
Eds. James C. Fishbein and  
Jacqueline M. Heilman.

Obied H.K., Prenzler  
P.D., Robards K., 2008. Po-  
tent antioxidant biophenols  
from olive mill waste. *Food  
Chemistry*, 111, p. 171-178.

Paraskeva C.A., Papadakis  
V.G., Kanellopoulou D.G.,  
Koutsoukos P.G., Angelopou-  
los K.C., 2007. Membrane  
filtration of olive mill waste-  
water and exploitation of its  
fractions. *Water Environment  
Research*, 79, p. 421-429.

Parenti A., Spugnoli P.,  
Masella P. and Calamai L.,

2006a. Carbon dioxide emis-  
sion from olive oil pastes du-  
ring the transformation pro-  
cess: technological spin offs.  
*Eur. Food Res. Technol.*,  
222, p.521-526.

Parenti A., Spugnoli P.,  
Masella P., Calamai L., and  
Pantani, O.L., 2006b. Impro-  
ving olive oil quality using  
CO<sub>2</sub> evolved from olive  
pastes during processing.  
*Eur. J. Lipid Sci. Technol.*,  
108, p. 904-912.

Pauselli M., Servili M.,  
Esposto S., Gervasi G.,  
Mourvaki E., Taticchi A.,  
Urbani S., Selvaggini R.,  
Concezzi L., and Montedoro  
GF., 2007. Effect of destoned  
olive cake as animal feed on  
ewe milk quality. Proc. of the  
International Conference  
New technologies for the  
treatment and valorization of  
agro by-products ISRIM,  
Terni-Italy 3-5 October.

Roig A., Cayuela M.L.,  
Sanchez-Monedero M.A.,  
2006. An overview on olive  
mill wastes and their valori-  
zation methods. *Waste Ma-  
nagement*, 26, p. 960-969.

Russo C., 2007. A new  
process for the selective frac-  
tionation and total recovery  
of polyphenols, water and  
organic substances from ve-  
getation waters (VW). *Jour-  
nal of Membrane Science*,  
288, p. 239-246.

Servili M., Baldioli M.,  
Selvaggini R., Macchioni A.

and Montedoro GF., 1999  
Phenolic compounds of olive  
fruit: One- and Two-Dimen-  
sional Nuclear Magnetic Re-  
sonance characterization of  
nüzhenide and its distribu-  
tion in the constitutive parts  
of fruit. *Journal of Agricultural  
and Food Chemistry*, 47,  
p.12-18.

Servili M., 2012. Olive oil  
processing technologies and  
investments. Proc. of the In-  
ternational Seminar on Pre-  
sent and future of Mediterra-  
nean olive sector. Mediterra-  
nean Agronomic Institute of  
Zaragoza, Spain, 26-28 No-  
vember 2012.

Servili M., Esposto S., Fa-  
biani R., Urbani S., Taticchi  
A., Mariucci F., Selvaggini  
R., Montedoro GF., 2009b.  
Phenolic compounds in olive  
oil: antioxidant, health and  
sensory activities according  
to their chemical structure.  
*Inflammopharmacology*, 17,  
p. 76-84.

Servili M., Esposto S., Ta-  
ticchi A., Urbani S. Di Maio  
I., Sordini B., Selvaggini R.,  
Montedoro GF., Angerosa F.,  
2009a. Volatile compounds  
of virgin olive oil: their im-  
portance in the sensory qua-  
lity. *In Advances in Olive Re-  
sources*, Berti L. and Maury  
J. Eds., p. 45-77.

Servili M., Taticchi A.,  
Esposto S., Urbani S., Sel-  
vaggini R. and Montedoro  
GF., 2007a. Effect of olive  
stoning on the volatile and

phenolic composition of virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, p. 7028-7035.

Servili M., Selvaggini R., Baldioli M., Begliomini L., Taticchi A., Esposto S., Montedoro G.F., 2002. Effect of the time of exposure to the air contact of olive pastes during the mechanical extraction process on the volatile and phenolic compounds of virgin olive oil. Innovation in virgin olive oil processing. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, vol. LXXIX, 439-441.

Servili M., Pauselli M., Esposto S., Taticchi A., Urbani S., Selvaggini R., Montedoro G.F., and Concezzi L., 2007b. New approach to the use of stoned olive pomaces for animal feeding. Proc. of the International Conference New technologies for the treatment and valorization of agro by-products. ISRIM, Terni, Italy 3-5 October.

Servili M., Selvaggini R., Esposto S., Taticchi A., Montedoro G.F., Morozzi G., 2004. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil. *Journal Chromatography A*, 1054, p.113-127.

Servili M., Taticchi A., Esposto S., Urbani S., Sel-

vaggini R. and Montedoro G.F., 2008b. Innovations in the extraction technology for the improvement of the virgin olive oil quality. Proc. 6th Euro Fed Lipid Congress., Athens, Greece 7-10 September. p. 138.

Servili M., Taticchi A., Esposto S., Urbani S., Selvaggini R., & Montedoro G.F., 2008a. Influence of the decrease in oxygen during malaxation of olive paste on the composition of volatiles and phenolic compounds in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (21), p. 10048-10055.

Servili M., Taticchi A., Esposto S., Urbani S., Veneziani G., Fabiani R., Morozzi G. and Montedoro, G.F., 2007c. Recovery and chemical characterization of bioactive phenols from virgin olive oil vegetation waters. Proc. of the International Conference New technologies for the treatment and valorization of agro by-products, ISRIM, Terni, Italy 3-5 October.

Servili M., Esposto S., Veneziani G., Urbani S., Taticchi A., Di Maio I., Selvaggini R., Sordini B. and Montedoro G.F., 2011a. Improvement of bioactive phenol content in virgin olive oil with an olive-vegetation-water concentrate produced by membrane treatment. *Food*

*Chemistry*, 124, p. 1308-1315.

Taticchi A., Esposto S., Veneziani G., Urbani S., Selvaggini R., Servili M., 2013. The influence of the malaxation temperature on the activity of polyphenoloxidase and peroxidase and on the phenolic composition of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 136, p. 975-983.

Terés S., Barceló -Coblijn G., Benet M., Álvarez R., Bressani R., Halver J. E. and Escriba P. V., 2008. Oleic acid content is responsible for the reduction in blood pressure induced by olive oil. *PNAS*, 105 (37), p. 13811-13816.

Turano E., Curcio S., De Paola M., Calabrò V., Iorio G., 2002. An integrated centrifugation-ultrafiltration system in the treatment of olive mill wastewater. *Journal of Membrane Science*, 209, p. 519-531.

Vierhuis E., Servili M., Baldioli M., Schols H.A., Voragen A.G.J., Montedoro G.F., 2001. Effect of enzyme treatment during mechanical extraction of olive oil on phenolic compounds and polysaccharides. *J. Agr. Food Chem.* 49:1218-1223.



# Systemes de production en oléiculture\*

R. Fernández-Escobar<sup>1</sup>, R. de la Rosa<sup>2</sup>, L. León<sup>2</sup>, J. A. Gómez<sup>3</sup>, L. Testi<sup>3</sup>, F. Orgaz<sup>3</sup>,  
J. A. Gil-Ribes<sup>4</sup>, E. Quesada-Moraga<sup>5</sup>, A. Trapero<sup>1</sup> et M. Msallem<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, edificio C4, 14071, Córdoba (España).

<sup>2</sup> IFAPA Centro Alameda del Obispo. Avda. Menéndez Pidal s/n, 14004, Córdoba (España). <sup>3</sup> Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC. Apartado 4084, 14080, Córdoba (España). <sup>4</sup> Departamento de Ingeniería Rural, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, 14071, Córdoba (España). <sup>5</sup> Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, edificio C4, 14071, Córdoba (España). <sup>6</sup> Institut de L'Olivier, Túnès (Túnès).

## RÉSUMÉ

L'oléiculture est l'une des cultures les plus importantes de la région méditerranéenne. Le fait que les oliviers sont présents depuis des siècles dans la plupart des pays producteurs peut être trompeur quant à la durabilité, la rusticité, la longévité et l'adaptabilité de l'oléiculture. À l'heure actuelle, les oliviers sont plantés dans toutes les régions du globe situées entre 30 et 45° de latitude, dans les deux hémisphères. L'oléiculture est un agrosystème complexe avec différents systèmes de production, de techniques de culture et de ressources génétiques. L'examen de la façon dont le secteur de l'oléiculture a évolué montre que la culture de l'olivier a progressé lentement jusque dans les années 1950, les systèmes de plantation traditionnels se transformant ensuite en systèmes intensifs. Depuis les années 1990, la tendance est à la conversion des oliveraies traditionnelles en oliveraies plus intensives. Les oliveraies intensives et de haute

densité se multiplient dans les nouvelles zones de culture et les nouveaux pays producteurs dans le but de raccourcir la période non-productive et de réduire les coûts. Cette évolution des systèmes de culture a été accompagnée, dans de nombreux cas, par l'exploitation irrationnelle et non durable des ressources naturelles et l'introduction de nouvelles variétés. Ce rapport étudie les différents systèmes d'oléiculture et le passage de systèmes de production traditionnels à des systèmes de production plus intensifs.

**Mots-clés.** Ressources génétiques – Oliveraies intensives – Production durable d'olives – Mécanisation – Lutte contre les ravageurs et les maladies

## INTRODUCTION

Les conditions de culture des oliveraies sont multiples et peuvent varier de conditions désertiques à des conditions plus humides). Dans le monde entier, une superficie

d'environ 10 millions d'hectares est consacrée à l'oléiculture. Au cours des dernières années, la production d'olives a augmenté en conséquence du développement d'oliveraies modernes, de l'intensification des oliveraies traditionnelles et de l'expansion de l'oléiculture dans de nouvelles zones de production. Compte tenu de la longévité des oliviers, la majorité des pays producteurs présentent une mosaïque de différents types de plantations d'oliviers.

Traditionnellement, l'olivier est cultivé dans des conditions de culture extensive en sec, dans des oliveraies caractérisées par des densités maximales de 150 arbres/ha et une mécanisation limitée. En général, ces oliveraies sont peu rentables, sont situées dans les plus anciennes zones oléicoles et utilisent des cultivars locaux. Une proportion importante se situe dans des zones marginales escarpées. La plupart des oliveraies dans le monde sont actuellement cultivées selon ce système.

\* Cet article est une version abrégée du document présenté au Séminaire international sur le présent et l'avenir du secteur oléicole en Méditerranée qui s'est tenu à Saragosse, en Espagne, en novembre 2012.

Depuis les années 1970, le développement des techniques d'irrigation, de gestion et de récolte a apporté des changements qui se retrouvent dans les nouveaux systèmes de production oléicole. L'oléiculture s'est ainsi intensifiée : la densité des arbres atteint 450 arbres/ha et l'espacement final a aussi augmenté, en fonction de la disponibilité en eau, des conditions édapho-climatiques, du système de récolte et du cultivar. Dans ces oliveraies intensives, la tendance est à la mécanisation de la récolte. Les arbres sont formés sur un seul tronc, la frondaison commençant à environ 1 m du sol. La taille continue, de la plantation jusqu'à la formation de l'arbre de 5-6 ans, est considérée comme un facteur clé pour obtenir une frondaison correctement formée. Le volume de la frondaison par pied tend à être plus faible dans les nouvelles plantations, tandis que la densité est plus élevée.

Le processus d'intensification a continué au début des années 1990 avec l'avè-

nement des oliveraies en haies, de haute densité, qui ont évolué comme un système capable de réduire la quantité de main d'œuvre nécessaire pour la récolte. Avec une densité de l'ordre de 2 000 arbres/ha et un espacement d'environ 3,75 x 1,35 m, les pieds sont toujours cultivés avec une irrigation en goutte-à-goutte dans ce système. Les plantes sont élevées en monocône dès leur plantation. Les récolteuses développées pour les vignobles ont été adaptées à la récolte des olives. Les principaux avantages de ce système sont les faibles besoins en main-d'œuvre pour la récolte et un début précoce de la production commerciale, qui commence trois ans après la plantation. Toutefois, l'important investissement requis pour ce système de plantation a conduit à une réduction de la densité des arbres à environ 1 200 arbres/ha (espacement 4 x 2 m). Un autre inconvénient est que la vigueur excessive des rares cultivars actuellement utilisés dans ce système rend imprévisible la production des haies à long terme

(De la Rosa *et al.*, 2007). La taille mécanique a été proposée comme solution pour réduire la main-d'œuvre dans les systèmes à la fois intensifs et en haies et pour maintenir le volume de la frondaison dans les limites appropriées. Une stratégie pour contrôler la vigueur consiste à développer de nouveaux cultivars à faible vigueur spécialement conçus pour ce système de culture ou à utiliser des porte-greffes nanisants. Toutefois, la vigueur d'un cultivar est largement influencée par son environnement, de sorte que des essais spécifiques doivent être menés afin de tester la pertinence d'un cultivar donné dans un environnement spécifique. C'est particulièrement important dans les zones en dehors du bassin méditerranéen où les conditions climatiques pourraient affecter considérablement la vigueur.

Le tableau 1 résume les principales caractéristiques des systèmes de culture. Bien que les systèmes énumérés soient les plus populaires à ce jour, de nouvelles

**TABLEAU 1.**  
**Caractéristiques des systèmes d'oléiculture**

Système de culture	Superficie (%)	Production (%)	Densité (arbres/ha)	Productivité (kg/ha)
Marginal	20	15	< 80	≤ 1000
Traditionnel	50	45	80-150	1500-3000
Intensif	29	40	200-450	5000-7000 (irrigué 8 000-12 000)
Haute densité	1		1500-2500	8000-12000

solutions de récolte rendent possibles de nouveaux systèmes. C'est le cas des oliveraies ayant des densités de l'ordre de 500 à 700 arbres/ha destinées à la récolte mécanique continue au moyen de récolteuses (Ravetti et Robb, 2010). Plus de cultivars pourraient être adaptés à ce système, qui se trouve à mi-chemin entre les oliveraies intensives et les oliveraies en haies.

Dans de nombreux pays oléicoles, la tendance est à la conversion de certaines oliveraies traditionnelles en des plantations plus intensives. Ces tentatives doivent être bien planifiées et tenir compte de tous les aspects édapho-climatiques, économiques et sociaux avant d'être menées à bien.

## RESSOURCES GÉNÉTIQUES

Les premiers oléiculteurs ont choisi les plants ayant les meilleures caractéristiques dans les forêts d'oliviers sauvages, à savoir ceux dont les fruits étaient les plus gros, avaient la plus grande proportion de chair et la teneur en huile la plus élevée. Ce processus s'est probablement produit simultanément dans différents endroits de la région méditerranéenne et a donné lieu à de nombreux cultivars locaux dont la diffusion est restée en grande partie limitée à leur zone

d'origine. Pendant de nombreuses années, ces cultivars locaux étaient plantés dans les oliveraies traditionnelles. Cependant, au cours des dernières décennies, les techniques oléicoles ont considérablement évolué, créant de nouvelles oliveraies conçues pour donner des rendements plus élevés et faciliter la récolte mécanique.

Les changements dans les systèmes de culture ont été accompagnés, dans de nombreux cas, par le remplacement des variétés traditionnelles par des variétés inconnues jusqu'alors dans ces zones. Souvent, cette implantation n'a pas été précédée d'expérimentations pour confirmer l'adaptabilité des variétés aux nouvelles zones, même si plusieurs études montrent que les caractères agronomiques et qualitatifs d'un cultivar d'olive peuvent varier en fonction de la zone de culture. L'absence d'expérimentation précédente a conduit dans certains cas à l'échec commercial des nouvelles plantations.

Les plantations en haies de haute densité sont un bon exemple des changements significatifs observés dans les oliveraies au cours des dernières années. Cependant, il n'existe pas de cultivars à faible vigueur spécifiques ni de porte-greffes nanisants adaptés à ce système. En raison de l'absence de cultivars spécifiques à ce système, les

cultivars à entrée en production précoce tels que « Arbequina », « Arbosana » ou « Koroneiki » ont principalement été utilisés (De la Rosa *et al.*, 2007), même s'ils ne peuvent pas vraiment être considérés comme des cultivars à faible vigueur. Il pourrait s'agir d'un problème, en particulier dans des conditions de croissance très favorables. Le développement de programmes de sélection visant à obtenir de nouveaux cultivars afin d'élargir la gamme de cultivars adaptés aux systèmes oléicoles modernes s'en est trouvé stimulé.

Au cours des dernières années, des tentatives de sélection ont été lancées dans plusieurs pays, mais elles sont rares à avoir terminé le processus de sélection. Plusieurs nouveaux cultivars ont été récemment mis sur le marché à la suite de programmes de sélection. Parmi eux, « Barnea » (Lavee *et al.*, 1986), « Fs17 » (Fontanazza *et al.*, 1998) et « Chiquitita »/« Sikitita » (Rallo *et al.*, 2008) ont été commercialisés avec un succès relatif aussi bien dans leur pays d'origine qu'à l'étranger.

Des outils génomiques récemment développés pourraient aider à améliorer plusieurs aspects de l'oléiculture. Aujourd'hui l'utilisation la plus répandue de la génomique concerne l'authentification des plants de pépinière

re. Comme la plantation d'une nouvelle oliveraie revient très cher, et que les erreurs dans le choix du cultivar utilisé ne sont visibles qu'après 3 à 4 ans de culture, l'authentification des cultivars est très fortement conseillée, en particulier lorsque des cultivars étrangers ou peu connus sont utilisés. De plus, il existe des tests moléculaires et sérologiques pour vérifier si les plants de pépinière sont porteurs de champignons pathogènes, de bactéries ou de virus. Cependant, la demande pour des plants certifiés n'a pas été très forte dans la plupart des pays oléicoles. Les marqueurs moléculaires et les études sur les gènes exprimés sont également utilisés pour découvrir la base génétique des principaux caractères agronomiques de l'olive tels que la teneur en huile, la qualité de l'huile et la résistance aux stress biotiques et abiotiques. À l'avenir, ces études pourraient aider considérablement à accélérer les programmes de sélection en facilitant grandement le processus de sélection.

## **LA GESTION DURABLE DES OLIVERAIES**

### **Conduite du sol et dégradation du sol**

La dégradation du sol est l'une des principales menaces qui pèsent sur la dura-

bilité de l'oléiculture. Les pertes de terre arable dans les zones caractérisées par des sols peu profonds conduisent à des dommages tels que la réduction de la capacité de stockage en eau du sol, essentielle à la survie et à la productivité des olives en régime pluvial. La diminution de la qualité de l'eau dans les cours d'eau due à l'excès de sédiments et de produits phytosanitaires est un problème environnemental majeur dans certaines régions oléicoles.

La conduite du sol dans l'oléiculture vise depuis des siècles à assurer la productivité et la survie de la plantation dans des conditions de pluviométrie limitée en associant une faible densité de plantation, une limitation de la dimension de la frondaison par la taille et une élimination de la végétation adventice pour limiter la concurrence pour l'eau du sol. La culture extensive traditionnelle a abouti à un système où le sol était recouvert par la végétation pendant une partie de l'année. Ce système permet des pertes de sol modérées, en particulier lorsqu'il est appliqué à un type de paysages en mosaïque où les oliveraies sont entourées de zones de végétation naturelle ou de structures de retenue. Les systèmes traditionnels basés sur l'utilisation intégrée de l'oliveraie avec des cultures intercalaires de plein champ à faible densité ou de

pâturage semblaient être dans une situation similaire. Cependant, les taux d'érosion ont augmenté et sont devenus insoutenables lorsque l'oléiculture a été poursuivie systématiquement dans les zones en pente et dans les paysages couverts uniquement d'oliviers.

La possibilité de labour tout au long de l'année offerte par la mécanisation combinée à la disponibilité des herbicides a permis l'élimination complète de la végétation adventice. Les mesures effectuées à l'échelle d'un petit bassin-versant montrent également de fortes pertes affectant la qualité des eaux de surface. L'extrapolation d'une analyse régionale à des zones ayant des conditions et des types de conduite du sol similaires indique qu'il s'agit d'un problème très répandu autour du bassin méditerranéen où la culture des olives est encore largement concentrée (Gomez *et al.*, 2008).

Au cours des dernières décennies, une grande campagne de lutte contre l'érosion dans les oliveraies et l'extension de l'utilisation de couvertures végétales dans les rangées des oliveraies a été développé pour prévenir l'érosion et améliorer les propriétés du sol. Ces couvertures sont contrôlées par le désherbage mécanique ou l'application d'herbicides en fin d'hiver ou au printemps pour empêcher la concurren-

ce pour l'eau du sol avec les oliviers. Cependant, dans les exploitations commerciales, les résultats obtenus sont encore inégaux. L'incertitude demeure quant à l'incidence de la concurrence de la couverture végétale, en particulier dans les années de faibles précipitations, dans les oliveraies plantées à des densités différentes ou dans des scénarios climatiques changeants caractérisés par des températures plus élevées et des précipitations plus rares (Gucci et Caruso, 2011). L'expansion de l'irrigation des oliviers est un changement significatif qui affectera l'utilisation de couvertures végétales dans les zones oléicoles. Cela donne une marge de sécurité pour mettre en œuvre la conduite du sol avec couverture végétale sans trop limiter le rendement des oliviers, mais cela ne semble pas avoir été pleinement exploré. L'impact bénéfique de l'application du paillis des résidus de taille a également été démontré. Il a un effet similaire à celui des couvertures végétales, mais sans le risque de concurrence pour l'eau, bien que la quantité de résidus de taille nécessaires pour prévenir l'érosion ne soit pas toujours disponible dans les oliveraies moins productives.

Le paysage simplifié résultant de l'extension et de l'intensification des oliveraies entraîne également une importante érosion en ra-

vines. Ce problème a des conséquences graves pour la durabilité de l'oléiculture. Les techniques basées sur l'augmentation des couvertures végétales ont peu d'effet sur la prévention de l'érosion en ravines car elles sont beaucoup plus efficaces pour réduire les pertes de sol que pour réduire l'écoulement (Gómez *et al.*, 2011).

### Irrigation et durabilité

L'irrigation est une pratique relativement récente dans l'oléiculture. Bien que les oliviers des zones très arides bénéficient traditionnellement, de façon auxiliaire, de certains types d'irrigation, la majeure partie de l'approvisionnement en eau de l'exploitation était généralement attribuée à d'autres cultures moins résistantes à la sécheresse. L'apparition de l'irrigation en goutte-à-goutte dans les années 1960 a ouvert la voie à une irrigation facile des oliveraies situées sur des terrains en pente. Les nouvelles plantations sont principalement irriguées parce que le rendement des arbres réagit fortement même à de petites quantités d'eau d'irrigation. Une fonction évapotranspiration/rendement indique une augmentation de 5 kg/ha d'huile d'olive pour chaque mm d'eau évapotranspiré pendant la saison (Moriani *et al.*, 2003). La relation n'est pas linéaire : la productivité

marginale de l'eau, c'est-à-dire l'augmentation du rendement pour chaque unité supplémentaire d'eau utilisée par les cultures, est plus élevée avec une faible consommation d'eau et plus faible en approchant de la demande en eau totale de l'arbre. L'olivier est généralement cultivé dans des environnements arides et semi-arides où l'eau d'irrigation fournie aux agriculteurs est le principal facteur limitant la production agricole ; dans ces circonstances, les agriculteurs ont naturellement tendance à appliquer moins d'eau que ce qui est nécessaire pour la pleine production et à la répartir sur la superficie maximale tout en essayant d'éviter le stress hydrique aux moments où les plants sont plus sensibles (par exemple, floraison ou lipogénèse). Cette stratégie est appelée « irrigation déficitaire réglementée » ou IDR. Une demande d'eau excessive est un risque majeur associé à l'irrigation des oliviers dans la mesure où les zones oléicoles sont principalement situées dans des zones présentant déjà un risque de désertification. Les besoins en eau des zones d'oléiculture doivent en conséquence être déterminés de manière aussi précise que possible. Le passage des oliveraies en régime pluvial aux oliveraies irriguées implique l'intensification du système de culture. Un rendement maximal ne peut être obtenu des investis-

sements dans l'irrigation qu'en acheminant l'eau vers les environnements les plus productifs capables de supporter une oléiculture de haute densité, intensive et productive.

Comme de nombreuses oliveraies sont en déficit d'irrigation et se trouvent généralement dans des zones semi-arides, la salinisation des sols est souvent un risque environnemental. L'utilisation d'eau salée pour l'irrigation des oliviers n'est pas nécessairement préjudiciable à l'environnement, mais les variations du sol doivent être étroitement surveillées à des fins de durabilité. Les effets de la salinité sur le rendement dépendent de la concentration, mais même si la tolérance est une caractéristique dépendant du cultivar, la plupart des cultivars cultivés dans des conditions semi-arides peuvent bien se développer sans réduction significative du rendement avec une conductivité électrique de l'eau d'irrigation comprise entre 3 et 6 dS/m. Les oliviers sont moins sensibles au Cl<sup>-</sup> qu'au Na<sup>+</sup>, et le Ca<sup>2+</sup> joue un rôle important dans les mécanismes d'exclusion et de rétention du Na. Melgar *et al.*, (2009) suggèrent qu'une eau d'irrigation très saline peut être utilisée pendant une longue période sans affecter la croissance ni le rendement des oliviers grâce à une gestion appropriée impliquant l'ajout de

Ca<sup>2+</sup> à l'eau d'irrigation pour empêcher la toxicité du Na<sup>+</sup>, l'application de l'irrigation en goutte-à-goutte jusqu'au repos hivernal et l'utilisation d'un cultivar tolérant.

### **Fertilisation, qualité des cultures et environnement**

La fertilisation est une pratique courante dans l'oléiculture parce qu'elle vise à satisfaire les besoins nutritionnels des arbres lorsque les nutriments nécessaires à leur croissance ne sont pas fournis en quantité suffisante par le sol. Le programme de fertilisation annuel peut varier selon les oliveraies et selon les années au sein d'une même oliveraie. Cependant, une enquête menée dans la région méditerranéenne (Fernández-Escobar, 2008) a révélé que dans 77 % des cas, le programme de fertilisation a été répété chaque année et impliquait généralement l'application de plusieurs éléments minéraux même si, dans la plupart des cas, l'état nutritionnel de l'oliveraie était inconnu. Cette approche tend à appliquer plus d'éléments minéraux que nécessaire et, en même temps, peut entraîner des carences en minéraux si un élément spécifique n'est pas appliqué en quantités suffisantes. L'application excessive d'engrais inutiles augmente les coûts, contribue inutilement à la pollution

des sols et de l'eau et peut avoir un effet négatif sur les arbres et la qualité des cultures.

Prédire la quantité d'engrais nécessaire chaque année pour obtenir une productivité optimale n'est pas simple. D'un point de vue rationnel, un engrais ne doit être utilisé que lorsqu'il est prouvé qu'il est nécessaire. À cet effet, l'analyse foliaire de la teneur en éléments nutritifs donne une indication de l'état nutritionnel des arbres ; il s'agit d'un outil important pour déterminer les besoins en fertilisation (Fernández-Escobar, 2007).

Les plantes vivaces comme l'olivier ont des organes de stockage des éléments nutritifs pour les aider à réutiliser facilement les nutriments. C'est pourquoi leurs besoins en nutriments sont inférieurs à ceux des plantes annuelles. *La carence en potassium* est le trouble nutritionnel majeur des oliviers en régime pluvial parce que la faible teneur en humidité du sol limite la diffusion de l'ion potassium à travers la solution du sol et empêche son absorption par les racines. C'est pire lorsque les rendements sont élevés, car il s'agit de l'élément prélevé en plus grande quantité par les plants, environ 4,5 g K/kg d'olives. Dans les oliveraies en régime pluvial, entre deux et quatre applications foliaires de 1 % à 2 % K ont

donné des résultats satisfaisants, mais il est généralement nécessaire de répéter les applications au cours des saisons suivantes, jusqu'à ce que K atteigne un niveau suffisant dans les feuilles. Dans les sols calcaires, la carence en fer peut survenir en plus de la carence en potassium. Les arbres souffrant de carence en fer, appelée *chlorose ferrique*, présentent une série caractéristique de symptômes tels que feuilles jaunes, faible croissance des pousses et rendement inférieur. La chlorose ferrique est difficile et coûteuse à corriger. La meilleure solution pour les nouvelles oliveraies est de choisir une variété qui tolère cette anomalie. Dans les oliveraies établies, le remède consiste à appliquer des chélates de fer dans le sol ou à injecter des solutions fer dans le tronc des arbres. *Les carences en calcium* sont à prévoir dans les sols acides. Dans ces situations, il est nécessaire d'appliquer un amendement calcaire. La quantité requise dépend de la texture du sol et du pH. Enfin, *l'azote* est l'élément minéral nécessaire en plus grande quantité pour les plantes et, par conséquent, il est couramment utilisé dans les programmes de fertilisation des cultures horticoles. Cependant, les études à long terme ont démontré que les applications annuelles d'engrais azotés ne sont pas nécessaires pour maintenir une productivité et une croissance

élevées. Au contraire, il a été signalé que cette pratique a des effets négatifs sur les arbres, sur la qualité des cultures et sur l'environnement (Fernández-Escobar, 2011). Selon ces études, la meilleure stratégie pour optimiser la fertilisation azotée dans les oliveraies, ainsi que la fertilisation avec d'autres nutriments, consiste à les appliquer uniquement lorsque l'analyse foliaire de la saison précédente indique que les concentrations foliaires en azote sont inférieures au seuil de carence.

#### **LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS ET LES MALADIES DES OLIVIERS**

L'olivier est une plante ligneuse avec un agro-écosystème complexe présentant un bon équilibre entre de nombreux organismes à différents niveaux trophiques. Certains de ces organismes sont des agents phytophages ou pathogènes de l'olivier, d'autres sont des prédateurs et parasitoïdes entomophages, c'est-à-dire des antagonistes, des agents pathogènes, et certains sont même des espèces qui cherchent un abri. Les organismes phytophages ou pathogènes qui se nourrissent et/ou se développent sur les oliviers peuvent largement déterminer la faisabilité économique de l'oléiculture dans certaines situations.

La plupart des milliers de publications sur les insectes des oliviers dans la région méditerranéenne concernent moins d'une douzaine d'espèces qui sont les principaux ravageurs. Les principaux sont la mouche de l'olive (*Bactrocera oleae*), la teigne de l'olivier (*Prays oleae*) et la cochenille noire (*Saissetia oleae*) et parmi les ravageurs secondaires, bien que parfois principaux, citons la cochenille blanche (*Aspidiotus nerii*), les deux scolytes de l'olivier *Hylesinus oleiperda* et *Scarabaeoides Phloeotribus*, et la pyrale de l'olivier (*Euzophera pinguis*).

Il existe plus de 100 agents pathogènes de l'olivier, bien que seuls quelques-uns provoquent de graves pertes économiques pour les oliveraies. Un groupe important comprend les maladies fongiques des feuilles et des fruits, principalement la tavelure ou œil-de-paon causée par le *Fusicladium oleagineum*, l'anthracnose due au *Colletotrichum* spp. et la cercosporiose due au *Pseudocercospora cladosporioides*. Ces trois maladies, qui causent une importante défoliation et un fort affaiblissement des oliviers et diminuent la productivité des plants et la qualité de l'huile, entraînent des traitements fongicides réguliers dans les oliveraies. Une autre maladie importante est la verticilliose

de l'olivier causée par le champignon vasculaire *Verticillium dahliae*. Cette maladie, inconnue il y a 30 ans, est actuellement considérée comme la maladie la plus grave et le principal défi pour l'oléiculture dans certaines régions méditerranéennes. Les autres maladies ayant un impact modéré sur les oliviers méditerranéens sont la tuberculose de l'olivier, causée par la bactérie *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* et associée à des plaies sur les feuilles et les branches, et une pourriture des racines et de la couronne causée par plusieurs espèces du genre oomycète *Phytophthora*, particulièrement répandue dans les sols gorgés d'eau (Trapero et Blanco, 2010). Ces ravageurs et maladies des oliviers limitent clairement la production d'huile d'olive parce qu'ils diminuent les rendements et augmentent les coûts de production totaux. Il est estimé qu'environ 30 % des olives produites sont perdues à cause des ravageurs et des maladies, pour un coût annuel de lutte contre ces ravageurs et maladies supérieur à 200 millions d'euros.

La biodiversité a tendance à être élevée dans les plantations d'oliviers gérées de manière traditionnelle parce que leur diversité structurelle offre une variété d'habitats. Les vieux arbres abritent une grande diversité et une densité élevée d'insectes et de mi-

cro-organismes qui, avec le fruit de l'arbre, fournissent une abondance de nourriture. Le faible niveau d'utilisation des pesticides permet à une riche flore et faune d'insectes de s'épanouir, qui, à son tour, est une précieuse source de nourriture pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Inversement, l'utilisation intensive de techniques d'augmentation de la production a un effet très néfaste sur la flore du sol, les micro-organismes et les populations d'insectes et réduit considérablement la diversité et le nombre total de flore et de faune.

Lors de la plantation des oliviers, il est essentiel d'utiliser un **matériel certifié**, en particulier pour éviter des problèmes ultérieurs liés aux cochenilles, kermès et autres insectes piqueurs suceurs. Le matériel certifié est également crucial pour la santé des végétaux, particulièrement dans le cas des agents pathogènes qui causent des infections systémiques (*V. dahliae*, virus et phytoplasmes) et de ceux qui restent associées au matériel végétal et ne peuvent pas être facilement détectés, tels que le stade épiphyte de la *P. savastanoi*, les infections latentes de *F. oleagineum* et les infections causées par des champignons ou des nématodes sur les racines. Il n'est pas rare que les symptômes de certaines de ces maladies se manifestent des mois, voi-

re des années, après la plantation des arbres.

**La fertilisation** est connue pour son impact sur l'incidence des insectes. Une application excessive de fertilisation azotée entraîne l'émergence de nombreuses nouvelles pousses, ce qui permet à un pourcentage élevé de nymphes nouveau-nées de *S. oleae* de trouver des sites d'installation appropriés. Néanmoins, une nutrition minérale équilibrée améliore non seulement l'état nutritionnel des oliviers mais aussi leurs mécanismes de défense, les aidant ainsi à éviter les phyllophages qui se développent facilement sur les arbres affaiblis, par exemple *E. pinguis* ou *H. oleiperda*. De même, l'excès d'azote et la carence en potassium sont connus pour accroître la sensibilité des oliviers aux agents pathogènes foliaires fongiques (surtout l'œil-de-paon) et à la verticilliose de l'olivier.

**L'irrigation** peut influencer à la fois l'état végétatif de l'olivier et le microclimat du sol en favorisant le développement des acariens, cochenilles et mouches de l'olive en premier lieu et en intensifiant l'incidence de l'*O. cribricollis* et des vers blancs en second lieu. L'irrigation augmente également l'activité des agents pathogènes racinaires (*V. dahliae*, *Phytophthora* spp., etc.) et



l'eau d'irrigation peut contribuer à la dispersion des agents pathogènes. Ces deux possibilités ont été confirmées pour la verticilliose de l'olivier, qui est donc particulièrement sévère dans les oliveraies irriguées.

**Il a été prouvé que les systèmes de conduite du sol** influencent non seulement les populations phytophages et les agents pathogènes du sol, mais aussi les prédateurs, les parasitoïdes et les antagonistes. Peu d'informations sont disponibles, bien qu'il ait été remarqué que certaines couvertures végétales crucifères réduisent l'inoculum transmis par le sol de *V. dahlia*. Il a également été noté que les couvertures végétales augmentent les infections foliaires par *F. oleagineum* en raison de l'humidité plus élevée dans les parties inférieures de la frondaison des arbres. Globalement, l'itinéraire technique conventionnel a une incidence négative sur l'abondance des araignées de frondaison et dans une moindre mesure, sur leur diversité. Inversement, les couvertures végétales favorisent les populations d'araignées, bien que cet effet soit plus important avec les couvertures naturelles qu'avec les couvertures plantées. En général, le labour peut aider à éliminer les différents niveaux de ravageurs vivant dans le sol et à réduire les inocula d'agents pathogènes

qui survivent sur les feuilles mortes, mais il détruit également les nids d'ennemis naturels, limitant ainsi leur action bénéfique, et favorise la dispersion de l'inoculum de certains agents pathogènes vivant dans le sol tels que *V. dahliae*.

**La taille** a un grand impact sur l'incidence des ravageurs et des maladies et sur leur lutte. Elle affecte les insectes phytophages et les agents pathogènes aériens en modifiant le microclimat de la frondaison des arbres et en réduisant l'inoculum après avoir enlevé les parties affectées de l'arbre. Améliorer l'aération des arbres par la taille réduit l'incidence des insectes tels que *S. oleae*, *P. oleae*, *L. ulmi* et des agents pathogènes aériens *F. oleagineum*, *Colletotrichum*, *P. cladosporioides* et *P. savastanoi*. D'autre part, la taille sévère peut causer une croissance intense des pousses tendres et promouvoir l'activité des cochenilles de l'olivier. Éviter les plaies de taille diminue l'incidence de l'*E. pinguis* et des champignons décomposeurs du bois. Les restes de taille doivent être retirés et détruits avant l'apparition de scolytes. Il est possible de lutter contre les scolytes de l'olivier *P. scarabaeoides* et *Hylesinus* spp et le moustique de l'écorce *R. oleisuga* en utilisant du bois de taille en appât, qui doit être détruit ou traité avec des insecticides

avant l'apparition des adultes. En outre, laisser des gourmands sur l'arbre peut protéger les pousses d'une attaque d'*O. cribicollis* car il préfère les premières.

**La méthode et le moment de récolte** peuvent également influencer sur l'activité des insectes et des agents pathogènes. Les plaies causées par la récolte avec des gaules favorisent l'activité des *R. oleisuga*, *E. pinguis* et *P. savastanoi*. Une récolte précoce est recommandée pour réduire l'activité de la mouche de l'olive et la pourriture des fruits causée par *Colletotrichum* spp. et autres pourritures des fruits, augmentant ainsi indirectement la qualité de l'huile d'olive obtenue.

**La densité de plantation** peut affecter fortement le développement des ravageurs et des maladies, en particulier dans les plantations denses avec des zones d'ombre entre les arbres, ce qui augmente la durée d'humidité du feuillage et les infections par des agents pathogènes aériens (Trapero, 2007). En outre, dans le scénario actuel de l'oléiculture, la question qui se pose est de savoir si les ravageurs et les maladies considérés comme secondaires dans les plantations conventionnelles ne pourraient pas devenir un véritable problème dans les nouvelles plantations de haute densité. Dans la plu-

part des cas, ce type de plantation a une humidité du sol élevée liée à l'irrigation, ce qui peut créer un environnement favorable aux ravageurs et agents pathogènes. De même, la sensibilité de l'olivier à la mouche de l'olive *B. oleae* est plus élevée en cas d'irrigation qu'en régime pluvial (Santiago-Álvarez *et al.*, 2010). En outre, il existe plusieurs rapports sur la nécessité de prendre des mesures pour lutter contre les nouveaux ravageurs (i.e. *Margaronia unionalis*) et les nouvelles maladies (c.-à-d. pourriture des fruits alternarienne) dans les plantations d'oliviers de haute densité (León *et al.*, 2007). La tuberculose de l'olivier est en train de devenir une maladie principale dans les systèmes à haies où les mesures de lutte doivent être intensifiées en raison de l'augmentation des plaies causées par la récolte et la taille.

Les **stratégies actuelles de lutte contre les ravageurs et les maladies** sont encore basées sur l'utilisation de pesticides chimiques. Cependant, la sensibilisation de l'opinion publique à la pollution de l'environnement et aux problèmes découlant des effets secondaires de ces produits a donné l'impulsion nécessaire au développement d'autres pesticides bénins et au développement du concept de lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs. La stratégie de lutte

intégrée repose sur des principes écologiques et encourage la lutte biologique par des ennemis naturels tels que prédateurs, parasites, agents pathogènes des insectes et microorganismes antagonistes ou compétitifs non pathogènes. Elle implique aussi des stratégies de lutte culturale pour minimiser l'entrée et la propagation des ravageurs et des maladies, l'utilisation d'espèces végétales tolérantes et l'utilisation judicieuse des pesticides chimiques.

Les bioinsecticides sont considérés comme la meilleure solution pour la lutte antiparasitaire en oléiculture. Néanmoins, alors que les virus, les bactéries et les protozoaires doivent être ingérés avec de la nourriture, les champignons entomopathogènes entrent par l'exosquelette, mode d'action par contact qui en fait une solution intéressante de remplacement des produits chimiques. Les champignons entomopathogènes jouent un double rôle en tant que bioinsecticides parce qu'ils peuvent également être utilisés comme une source inexploree de nouvelles molécules insecticides d'origine naturelle. La recherche a révélé la fréquence élevée des ascomycètes mitosporiques *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* non seulement dans le sol des cultures d'oliviers, mais aussi dans le phylloplan des oli-

viers et des mauvaises herbes entourant les oliviers. Par ailleurs, il a été remarqué que, *B. bassiana* est un agent de lutte biologique naturelle de la teigne de l'olivier *Prays oleae* et de la pyrale de l'olivier, *Euzophera pinguis* (Quesada-Moraga et Santiago-Álvarez, 2008). Les produits en cuivre sont largement utilisés pour lutter contre les maladies des oliviers, rendant ainsi nécessaire de trouver d'autres solutions pour réduire l'utilisation de cuivre dans les oliveraies. Actuellement, les produits naturels, les amendements organiques et les microorganismes antagonistes sont à l'étude pour lutter contre diverses maladies, mais à ce jour, il existe très peu d'applications commerciales de ces produits. Par conséquent, la lutte biologique contre les maladies des oliviers est un défi actuel pour l'oléiculture moderne.

## LA RÉCOLTE MÉCANIQUE DES OLIVERAIES

La récolte peut représenter jusqu'à 40 % des coûts de la culture. Le type de système de récolte utilisé est déterminé par le type d'oliveraies (tableau 2).

Les derniers progrès en matière de systèmes de récolte des olives n'ont pas ciblé les oliveraies traditionnelles. Ce type d'oliveraie,

**TABLEAU 2.**  
**Coûts des systèmes de récolte d'huile d'olive utilisés dans les différents types d'oliveraies**

Type d'oliveraie	Rendement (kg/ha)	Système de récolte	Coût de récolte (€/kg de fruits)
Oliveraies traditionnelles ne pouvant être mécanisées	1,500-3,000	Secoueur de branches et récolte manuelle par gaulage	0.15-0.25
Oliveraies traditionnelles adaptées à la mécanisation	4,000-6,000	Vibreux de tronc monté sur tracteur	0.14-0.19
Oliveraies intensives	5,000-10,000	Vibreux de tronc automatisé	0.09-0.12
Oliveraies de haute densité	8,000-10,000	Récolteuse enjambeuse	0.04-0.06

conçu pour la récolte manuelle, pose plusieurs problèmes dus aux pentes abruptes rendant impossible toute mécanisation. Les systèmes de récolte utilisés dans ce genre de plantation comprennent des aides manuelles telles que secoueurs de branches et peignes.

Les systèmes à vibrations sont les méthodes de récolte les plus couramment utilisées dans les oliveraies de production d'huile d'olive (Fig. 1). La tendance actuelle est à l'utilisation de vibreurs

de tronc pour détacher les olives sur des toiles ou filets placés sous les arbres. Il s'agit du système le plus polyvalent car il peut être utilisé dans les oliveraies traditionnelles et intensives. Toutefois, l'efficacité de récolte est médiocre dans les plantations traditionnelles en raison du grand diamètre de tronc et du nombre de troncs par arbre, et du fait que la structure de l'arbre est adaptée à la récolte manuelle, ce qui influence fortement la transmission des vibrations.

Récemment, un système de récolte mécanique intégral a été développé pour les oliveraies traditionnelles en utilisant des vibreurs de frondaison (Fig. 2). L'efficacité de récolte est supérieure à 80 %.

L'une des principales voies de recherche dans la récolte des olives concerne la maximisation du pourcentage de fruits récoltés. Dans de nombreux cas, l'efficacité de la récolte est dictée par les paramètres de fonctionnement des machines utilisées et par l'adéquation des arbres à la récolte mécanique (Gil-Ribes *et al.*, 2010).

La récolte mécanique intégrale propose trois méthodes : vibreurs de tronc avec récepteur inversé (vibreurs avec récepteur type parapluie), vibreurs de tronc parallèles et vibreurs en contact avec la frondaison. Le vibreur de tronc avec récepteur inversé est le plus couramment utilisé. Les arbres doivent être adaptés et avoir un tronc vertical de

Fig. 1. Vibreur de tronc monté sur tracteur



plus de 1 m de longueur pour permettre la saisie et l'utilisation du récepteur. Les vibreurs de tronc parallèles sont une autre solution basée sur la vibration et l'interception des fruits (Fig. 3). Cette machine comprend deux récepteurs distincts qui se déplacent en parallèle des deux côtés de la rangée d'arbres et un vibreur de tronc monté sur l'un des récepteurs.

Les récolteuses enjambeuses sont automotrices, équipées d'une transmission hydrostatique et leur structure recouvre la surface externe des pieds (Fig. 4). Le fruit est collecté par plusieurs têtes de battage formées de doigts cintrés, disposées radialement sur un ou plusieurs axes, qui confèrent une vibration alternative à la frondaison à basse fréquence et grande amplitude. Les olives sont interceptées dans le fond du tunnel où le fruit est entraîné par un convoyeur circulant en direction de conteneurs ou déchargé en continu dans des remorques. Au cours du mouvement vers l'avant, un mécanisme déformable permet le pliage et le scellement avec le tronc d'arbre, évitant ainsi la chute et la perte des fruits.

Le principal avantage de la récolteuse est qu'elle permet un fonctionnement en continu à une vitesse de 0,4 à 3 km/h, atteignant des taux de récolte de 90 à 95 % des

Fig. 2. Vibreur de frondaison et récepteur adaptés aux oliveraies traditionnelles



Fig. 3. Vibreur de tronc à parapluie inversé (à gauche) et vibreur de tronc parallèle (à droite) dans une oliveraie intensive



Fig. 4. Récolteuse pour oliveraies intensives (à gauche) et à haies de haute densité (à droite)



fruits. La frondaison doit être petite - pas plus de 2 à 3,5 m de haut et de 0,80 à 1,20 m de large - pour que ces machines puissent passer les fourches par-dessus la fron-

daison. Il s'agit d'un problème majeur du système. Les récolteuses géantes utilisées dans les oliveraies intensives n'ont pas eu de succès en Europe. Cependant, elles sont

couramment utilisées et largement répandues dans les nouvelles oliveraies modernes situées en Australie et en Argentine. Les résultats sont prometteurs, mais en raison de leur taille et de leur coût, ces machines ne peuvent être utilisées que sur de grandes oliveraies plates où il y a peu de pluie au cours de la période de récolte.

La culture d'olives de table impose des limitations spécifiques à la récolte mécanique en raison des dommages à l'écorce des arbres, de la précocité de la récolte, et des dommages aux fruits (ecchymoses). Les meilleurs vibreurs de tronc commerciaux atteignent des taux de récolte compris entre 70 et 75 % dans le cas des olives de table. Si la machine est adaptée à l'arbre, et vice versa, il est possible d'atteindre une efficacité de récolte de 85 %. ■

## RÉFÉRENCES

De la Rosa R., León L., Guerrero N., Rallo L. and Barranco D., 2007. Preliminary results of an olive cultivar trial at high density. In: *Aust. J. Agr. Res.*, 58, p. 392-395.

Fernández-Escobar R., 2007. Fertilization In: *Production techniques in olive growing*. Madrid, Spain: International Olive Council, p. 145-168.

Fernández-Escobar R., 2008. Olive fertilization practices in the Mediterranean region. In: *Olivae*, 109, p. 13-22.

Fernández-Escobar R., 2011. Use and abuse of nitrogen in olive fertilization. In: *Acta Horticulturae*, 888, p. 249-258.

Fontanazza G., Bartolozzi F. and Vergari G., 1998. Fs-17. In: *Riv. Frutticoltura*, 5, p. 61.

Gil Ribes J.A., López Giménez F.J., Blanco Roldán G.L. and Castro García S., 2010. Mecanización. In: *El Cultivo del Olivo*. Madrid, Spain: Mundi-Prensa-Junta de Andalucía, p. 434-506.

Gómez J.A., Giráldez J.V. and Vanwalleghen T., 2008. Comments on "Is soil erosion in olive groves as bad as often claimed?" by L. Flesskens and L. Stroosnijder. In: *Geoderma*, 147, p. 93 - 95.

Gómez, J.A., Llewellyn, C., Basch, G, Sutton, P.B., Dyson, J.S., Jones, C.A., 2011. The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management* 27: 502 - 514

Gucci R. and Caruso G., 2011. Environmental stresses and sustainable olive gro-

wing. In: *Acta Horticulturae*, 924, p. 19 - 30.

Lavee S., Haskal A. and Wodner M., 1986. 'Barnea' a new olive cultivar from first breeding generation. In: *Olea*, 17, p. 95-99.

León L., De la Rosa R., Rallo L., Guerrero N. and Barranco D., 2007. Influence of spacing on the initial productivity of hedgerow 'Arbequina' olive orchards. In: *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5, p. 554-558.

Melgar J.C., Mohamed Y., Serrano N., García-Galavís P.A., Navarro C., Parra M.A., Benlloch M. and Fernández-Escobar R., 2009. Long term responses of olive trees to salinity. In: *Agricultural Water Management*, 96, p. 1105-1113.

Moriana A., Orgaz F., Pastor M. and Fereres E., 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. In: *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128, p. 425 - 431.

Quesada-Moraga E. and Santiago-Álvarez C., 2008. Hongos Entomopatógenos. In: *Control biológico de plagas*. Navarra, Spain: Phyto-ma Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra, p. 98-120.

Rallo L., Barranco D., De la Rosa R. and León L.,

2008. 'Chiquitita' olive. In: *HortScience*, 43, p. 529-531.

Ravetti L. and Robb S., 2010. Continuous mechanical olive harvesting in modern Australian growing systems. In: *Adv. Hort. Sci.*, 24, p. 71-77.

Santiago-Álvarez C., Del Rio C., Casado G., Campos

C. and Quesada-Moraga E., 2010. Variation of susceptibility to olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin) attack in ten olive Spanish commercial oil cultivars under dry and irrigated conditions. In: *IOBC/wprs Bull* , 59, p. 104.

Trapero A. and Blanco-López M.A., 2010. Diseases. In: *Olive growing*. Junta de

Andalucía / Mundi-Prensa/RIRDC /AOA, Australia. p. 521-578.

Trapero A., 2007. Densidad de plantación y enfermedades del olivar. In: *Mercaeci*, 51, p. 210-213.



