

CULTURE HYPERINTENSIVE DE L'OLIVIER DANS LE MONDE ET APPLICATIONS EN TUNISIE

Allalout Amira 1
Zarrouk Mokhtar 2

RÉSUMÉ

L'introduction variétale est une technique très utilisée dans les pays oléicoles méditerranéens car elle permet d'abrèger les phases préliminaires de l'obtention de nouvelles variétés. Elle permet d'améliorer la diversité des cultures, de sauvegarder la biodiversité de l'olivier et met ce matériel végétal à la disposition de la communauté scientifique en vue d'étudier le comportement des différents cultivars d'olivier dans différents milieux de plantation outre leur site d'origine. Cette étude permet l'évaluation de leurs potentialités dans de nouveaux sites de plantation et d'envisager leur recommandation pour la création de nouvelles variétés par croisement ainsi que pour des procédés de coupage. Mais, du fait qu'il est très rare de voir un cultivar exprimer les mêmes performances productives dans des environnements différents de son milieu d'origine ; il est impératif que la diffusion à l'échelon d'une région ou d'un pays d'une nouvelle variété doit nécessairement passer par l'étape expérimentale d'évaluation de ses performances dans les conditions environnementales de ce milieu

Le présent travail s'inscrit dans ce cadre-là et a pour objectif l'évaluation physico-chimique des huiles de quatre variétés d'olivier Espagnoles et Grecque : « Arbéquina », « Arbéquina I-18 », « Arbosana » et « Koroneiki » cultivées en culture hyperintensive et de trois variétés italiennes : « Mignolo », « Pendolino » et « Santa Caterina », cultivées en extensif.

Il est à noter qu'au cours de ces dernières années, le système d'oléiculture hyperintensif a été développé en Tunisie dans plusieurs parcelles. Ce type de densité permet d'atteindre des productions élevées en peu de temps grâce au nombre élevé de plants. La rentabilité est basée sur l'entrée en production rapide et la mécanisation intégrale. De plus ce système de culture hyperintensive vise à faire face aux fluctuations inter-annuelles et à l'accroissement de la demande en huiles par l'intensification du système de production actuel.

1- INTRODUCTION

L'olivier à huile est la principale culture arboricole en Tunisie. En effet, cette culture constitue dans la plupart des régions arides et semi-arides la composante principale des systèmes de cultures qui y sont développés et joue un rôle économique, social et environnemental important.

Plusieurs travaux ont montré que la production oléicole est influencée par divers facteurs et notamment l'interaction cultivar-environnement (Tous et Romero, 1994 ; Mincione et al., 1994 ; Moussa et Gerasopoulos, 1996 ; Ryan et al., 1998 ; Ben Temime, 2002 ; Ben Temime et al., 2004, 2006 ; Allalout et al., 2009). En effet, le lieu de plantation joue un rôle non négligeable dans la détermination de la qualité de l'huile. D'ailleurs, en raison de l'évolution de la notion de qualité et pour augmenter la valeur ajoutée du produit, certains pays ont commencé à produire des huiles d'olive provenant de zones de culture bien déterminées. En effet, certains pays traditionnellement oléicoles comme l'Espagne et l'Italie produisent des huiles d'olive caractérisées par des attributs qualitatifs propres à certaines régions (huile de terroir) ou des huiles monovariétales.

Il est à noter que l'introduction de nouvelles variétés permet la sauvegarde de la biodiversité de l'olivier. En effet, la conservation de ces ressources génétiques d'oliviers très diversifiées dans leurs performances agronomiques et leurs caractères morphologiques est d'une grande importance aussi bien pour le moyen terme que pour le long terme puisque cette réserve génétique peut être exploitée dans l'immédiat ou dans le futur par le choix de génotypes adéquats répondants aux exigences agronomiques et économiques du moment.

De même, le matériel végétal est mis à la disposition de la communauté scientifique en vue d'étudier le comportement des différents cultivars d'olivier dans différents milieux de plantation outre leur site d'origine. Cette

1 - Master en biologie , étudiante préparant une thèse « Étude physico-chimique des huiles de quelques variétés d'olivier cultivées en hyperintensif ou en extensif au Nord de la Tunisie »

E-mail: allalout.amira@yahoo.fr

2- Professeur , Directeur de Thèse , université de Tunis

E-mail: mokhtar.zarrouk@cbbc.rnrt

étude permet l'évaluation de leurs potentialités dans de nouveaux sites de plantation et pourquoi ne pas envisager de les recommander pour la création de nouvelles variétés par croisement. Des travaux récents ont montré la performance de certaines variétés issues de croisement contrôlés sur des variétés Tunisiennes bien connu (la Chemlali) avec des variétés étrangères réputées pour la qualité de leurs huiles (Manai et al., 2007).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous proposons d'étudier l'influence du site géographique sur la composition physico-chimique des huiles étrangères réputées pour la qualité de leurs huiles dans leurs sites d'origine. Il s'agit de quatre variétés d'olivier Espagnoles et Grecque : « Arbéquina », « Arbéquina I-18 », « Arbosana » et « Koroneiki » cultivées en culture hyperintensive et de trois variétés italiennes : « Mignolo », « Pendolino » et « Santa Caterina », cultivées en extensif dans la station expérimentale de l'INSAT.

Il est à noter qu'au cours de ces dernières années, le système d'oléiculture hyperintensif a été développé en Tunisie dans plusieurs parcelles. En effet, plusieurs agriculteurs y sont investis. De ce fait, à côté du système de culture traditionnel, il s'est développé l'oléiculture intensive. Ce système de haute densité emploie une main-d'oeuvre réduite avec des coûts de culture relativement bas et des niveaux de production plus élevés. Dans cette structure de production, toutes les opérations culturales sont mécanisées : labour, taille, épandage d'engrais, traitement phytosanitaire, irrigation et récolte des olives.

De plus, dans l'olivieraie intensive, le choix des variétés est important, le cultivar doit être productif, précoce, de taille adaptée à la récolte mécanique et ayant des fruits assez gros, car les petits fruits ne se prêtent pas facilement à la cueillette mécanique.

Ainsi, le but de cette évaluation est la caractérisation de variétés recommandées et les mieux adaptées jusqu'à ce jour au type de culture hyperintensive : Arbéquina, Arbéquina I-18, Arbosana et Koroneiki et de variétés cultivées en extensif : Mignolo, Pendolino et Santa Caterina. Cette caractérisation est accompagnée par leur comparaison aux deux principales variétés Tunisiennes : Chétoui et Chemlali ainsi qu'à leur site d'origine si possible.

Nous nous proposons ainsi d'effectuer une évaluation agronomique et biochimique de ces variétés. Cette évaluation consiste à étudier les paramètres suivants :

- Paramètres Agronomiques : le suivi de la lipogenèse, le poids frais moyen d'une olive, le pourcentage de pulpe, le rapport pulpe/ noyau, l'indice de maturité et la teneur en huile.
- Paramètres Biochimiques : la composition acide et triglycéridique, les teneurs en composés mineurs

tels que les antioxydants naturels, les pigments et les composés aromatiques volatiles ainsi que les indices de qualité: acide, indice de peroxyde et extinction spécifique.

2 - DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE L'OLIVIER DANS LE MONDE

Dans les pays du bassin méditerranéen, l'olivier trouve une place de choix. Il s'acclimata à presque toutes les étages bioclimatiques, de l'humide, sub-humide, au semi-aride et même l'aride, zone caractérisée par de faibles précipitations et une forte évapotranspiration, où ces deux facteurs climatiques occasionnent de longues périodes de déficit hydrique. Le comportement morphologique et physiologique de l'olivier montre une grande capacité d'adaptation à des milieux totalement différents, ceci est dû aux particularités morphologiques de ses feuilles, ainsi qu'à son système racinaire, et à son potentiel de régénération morphogénétique (Lavee, 1997).

La rusticité, longtemps prêtée à l'olivier, a souvent contraint l'arbre dans des conditions de végétation très difficiles, peu propices à la pleine expression de son génotype et au bon déroulement de son cycle végétatif, ce qui engendre le phénomène d'alternance de production. Mais, l'olivier placé dans des conditions agronomiques favorables se trouve en mesure d'exprimer pleinement toutes les phases de son cycle et de produire régulièrement (Argenson et al., 1999).

En effet, l'olivier connaît une distribution géographique assez large due à son adaptation à toutes les conditions édaphiques et aux reliefs du sol. Cependant, la rusticité de l'olivier lui confère une certaine marginalité, car l'espèce *Olea europaea* peut bien exprimer son potentiel génétique par de hauts rendements dans des conditions très favorables. Ainsi, l'olivier exploité sous un système intensif (fertilisation et irrigation) trouve sa productivité améliorée (Uzzan, 1992 ; Lopez-Villalta, 1997).

De ce fait, l'olivier s'est avéré être l'arbre rustique par excellence pour les conditions tunisiennes. Il est implanté partout et a enregistré le plus grand taux de réussite par rapport à l'ensemble des nouvelles plantations arboricoles, étant donné ses capacités exceptionnelles de résistance aux conditions climatiques les plus difficiles (Zarrad, 1994).

Les superficies mondiales consacrées à l'olivier (olives de table et olives à huile) se situent en 2005 au niveau de 7.5 millions d'hectares. Pour la Tunisie, cette superficie est de 1.5 millions d'hectares ce qui correspond à une part de la superficie mondiale de 20% (FAO, 2005). Pour la période 1993-2005, la superficie mondiale d'olive a augmenté au taux annuel moyen de 1.3% environ ce qui reflète globalement un intérêt croissant pour la culture d'olivier dans le monde.

Le reste de l'effectif des oliviers soit 10.2 % est réparti dans différentes zones du globe à climat similaire au climat méditerranéen: Etats-Unis (Californie), Amérique du Sud (Argentine, Mexique, Pérou, Chili), Afrique du Sud et Australie (Tableau 1).

3. SECTEUR DE L'HUILE D'OLIVE A L'ECHELLE MONDIALE

La situation du secteur de l'huile à l'échelle mondiale se caractérise par une forte concentration de la production et de la consommation autour du bassin méditerranéen (figure 3). Les pays méditerranéens (Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Tunisie, Syrie et Maroc) fournissent à eux seuls 90% de la production mondiale et en consomment plus que 72 %, ce qui réduit considérablement la part des échanges internationaux.

L'huile d'olive est rare, elle représente à peine 3% du marché des huiles alimentaires. Son prix est relativement élevé par rapport aux huiles de graines. Elle se distingue par ses qualités nutritives et culinaires. Il est à noter que l'Australie et les Etats Unis commencent à produire de plus en plus.

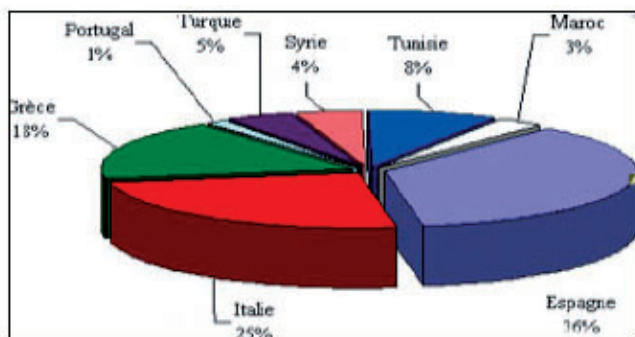


Figure 3 : Les principaux pays producteurs en 2005 (C.O.I.).

La production mondiale est estimée à 14.9 millions de tonnes d'olives avec un rendement de 20 quintaux/ha. Sur la période 2000-2006, la production mondiale moyenne annuelle s'élève à 2 778 800 tonnes d'huile d'olive et à 1 638 300 tonnes d'olives de table (FAO, 2005).

L'oléiculture occupe ainsi une part très importante dans l'économie agricole de certains pays méditerranéens et la tendance de la consommation mondiale est à la hausse. Les quatre premiers pays producteurs (Espagne, Italie, Grèce et Turquie) assurent 80% de la production mondiale d'olives et les dix premiers, tous situés dans la zone méditerranéenne, 95%.

D'après les statistiques (2000-2006) du C.O.I., les principaux pays producteurs méditerranéens sont les suivant :

- L'Espagne est le premier producteur mondial avec une moyenne annuelle de 1 078 800 tonnes d'huile d'olive pour une consommation de 589 100 tonnes et 496 900 tonnes d'olives de table pour une consommation de 185 700 tonnes.
- L'Italie est le deuxième producteur mondial avec une moyenne annuelle de 669 000 tonnes d'huile d'olive pour une consommation de 795 300 tonnes et 64 900 tonnes d'olives de table pour une consommation de 146 900 tonnes.
- La Grèce, troisième producteur avec une moyenne annuelle de 394 900 tonnes d'huile d'olive pour une consommation de 272 700 tonnes et 107 800 tonnes d'olives de table pour une consommation de 32 600 tonnes.
- La Turquie, quatrième producteur mondial avec une moyenne annuelle de 200 000 tonnes d'huile d'olive pour une consommation de 55 600 tonnes et 186 500 tonnes d'olives de table pour une consommation de 136 700 tonnes.
- La Tunisie produit en moyenne annuelle 144 500 tonnes d'huile d'olive pour une consommation nationale de 42 300 tonnes et 15 000 tonnes d'olives de table pour une consommation locale de 14 100 tonnes.
- La Syrie produit en moyenne annuelle 134 500 tonnes d'huile d'olive et consomme 117 300 tonnes, alors qu'elle produit 138 700 tonnes d'olives de table pour en consommer 122 800 tonnes.
- Le Maroc produit en moyenne annuelle 60 800 tonnes d'huile d'olive et consomme 54 700 tonnes, alors qu'il produit 91 700 tonnes d'olives de table pour en consommer 29 400 tonnes.

Les principaux pays consommateurs sont également les principaux pays producteurs comme le montre la figure 4. L'ensemble des pays de l'Union européenne représentent 71% de la consommation mondiale. Les pays du pourtour méditerranéen représentent 77% de la consommation mondiale. Les autres pays consommateurs sont les Etats-Unis, le Canada, l'Australie et le Japon.

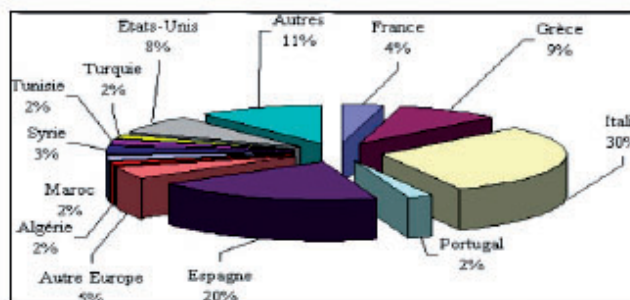


Figure 4 : Les principaux pays consommateurs en 2005 (C.O.I.).

L'évolution de la production et de la consommation depuis 1970 montre une faible croissance jusqu'au début des années 90, puis une brusque augmentation à la fois de la production et de la consommation pour les années 1996, 1997 et 1998. Malgré la chute de la production qui s'en est suivie, la consommation semble ne pas diminuer (figure 5).

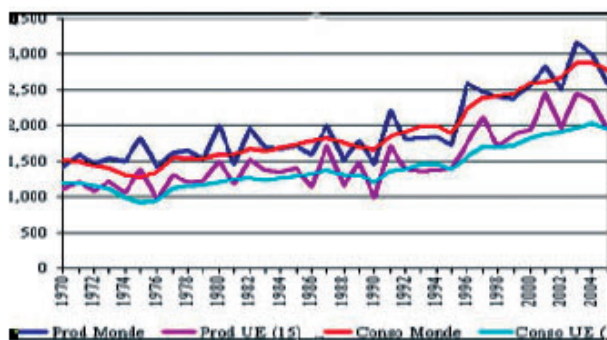


Figure 5 : Production et consommation d'huile d'olive dans le monde et dans l'Union européenne, 1970-2005 (1 000 tonnes) (C.O.I.).

Le parallélisme des courbes de consommation mondiale et européenne, indique l'importance de la consommation européenne. Cependant, l'écart entre ces courbes s'est amplifié au cours des dernières années du fait de l'ouverture de nouveaux marchés pour l'huile d'olive.

4- L'OLEICULTURE TUNISIENNE

4.1- Importance du secteur oléicole

L'oléiculture tunisienne joue un rôle important dans la vie sociale et économique du pays. En effet, la grande adaptation de l'olivier dans les régions à faibles potentialités naturelles fait de cette spéculation une culture de choix permettant de fixer les populations et le sol et de réduire ainsi l'exode rural. De ce fait, le rôle de l'olivier en Tunisie n'a cessé de se renforcer au fil des années.

La culture de l'olivier constitue une source de vie sûre là où d'autres cultures sont plutôt vouées à l'échec, contribue à l'équilibre de la balance de paiement et à la réduction du chômage et offre un volume important de journées de travail (opérations culturales, taille, cueillette, travail du sol et trituration des olives). D'après le rapport (EU-MED/AGPOL, 2005), cette culture constitue l'activité principale d'environ 269000 exploitants agricoles sur les 471000 que compte le pays, soit 57 % du nombre total. L'oléiculture offre environ 25 à 30 millions de journées de travail agricole par an, ce qui représente 20 % de l'emploi du secteur agricole. Cette culture fait également fonctionner près de 1589 huileries.

Sur le plan économique, la Tunisie fait parti des principaux pays producteurs d'huile d'olive dans le monde. Elle est au second rang mondial pour la superficie cultivée (1 500 000 ha ainsi répartis : 11.6% dans le Nord, 34.3% dans le Centre et 54.1% dans le Sud) et au quatrième rang mondial en nombre d'arbres 65 000 000 arbres dont 85% des exploitations sont inférieures à 5 ha (FAO, 2005).

La Tunisie a produit 144 500 tonnes/an d'huile d'olive en moyenne au cours de la période 2000-2006 et a contribué pour 6.8 % à la production mondiale (FAO, 2005). Toutefois, cette production est très fluctuante d'une année à l'autre en raison du phénomène d'alternance biologique de l'olivier et de conditions climatiques extrêmement aléatoires.

Le nombre d'oliviers en Tunisie est estimé à environ 60 millions (dont 29.5% dans le Nord, 45.3% dans le Centre et 25.2% dans le Sud). Les oliviers sont plantés le plus souvent en monoculture et quelquefois en intercalaire avec d'autres arbres fruitiers. Ils occupent assez souvent des terres pauvres, marginales, menacées par l'érosion et la désertification. L'ancrage de cette culture dans les traditions tunisiennes, qui privilégient la production et la consommation de l'huile d'olive, fait que l'olivier contribue au revenu de plus de 200 000 exploitants agricoles.

4.2- Situation du secteur oléicole

L'attachement social des agriculteurs à l'olivier trouve ses origines dans la longévité de cette culture qui a marqué l'histoire des populations rurales en étant l'activité agricole principale de plusieurs générations. Par contre, dans les régions pluvieuses notamment celles du Nord, cette culture est nettement marginalisée et son rôle est secondaire.

La répartition géographique de l'effectif oléicole montre, en effet, que l'olivier à huile est principalement concentré dans les régions du Centre (Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax, Kairouan, Kasserine et Sidi Bouzid) et couvre 1133.7 mille hectares (34227 mille pieds). Au Nord (Tunis, Ariana, Ben Arous, Nabeul, Bizerte, Béja, Jendouba, Kef, Siliana et Zaghouan), l'olivier occupe 177.6 mille hectares (15069 mille pieds). Au Sud (Gafsa, Gabès, Medenine, Tozeur, Kébili et Tataouine) la superficie oléicole est de 299.9 mille ha, ce qui correspond à 6579 mille pieds d'olivier (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2006) (Tableau 2).

L'olivier couvre à lui seul plus des deux tiers de la superficie arboricole totalisant 1.685 millions Ha parmi lesquels 1.426 million Ha cultivés en plein (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2006).

L'effectif des oliviers est estimé à 65.9 millions de pieds dont 39.6% sont âgés de plus de 40 ans et 30.2% ont

moins de 20 ans. C'est dans les régions du Centre-Est et du Nord-Est que les oliviers d'âge supérieur à 40 ans sont les plus fréquents. En Effet, la proportion de cette catégorie d'oliviers par rapport au nombre total d'oli-

viers est évaluée à 70% dans le gouvernorat de Sfax, 72% à Sousse et 81% à Monastir (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2006).

Culture	Oliviers en plein		Oliviers avec autres espèces arboricoles		Total	
	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%
Nord	215	15%	14	5%	229	14%
Centre	943	66%	205	79%	1 148	68%
Sud	268	19%	40	16%	308	18%
Total	1 426	100%	259	100%	1 685	100%

Tableau 2 : Répartition des superficies oléicoles en 1000 Ha (Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2006)

Il est à signaler que dans les périmètres irrigués, les exploitations de taille moyenne dont la superficie est comprise entre 10 et 50 Ha sont les plus fréquentes détenant 33% des superficies irriguées alors que les grandes exploitations de 100 Ha et plus couvrent 15.9% des superficies irriguées. Les puits de surface représentent la principale source des eaux d'irrigation. En effet cette source permet l'irrigation de 47.6% des superficies, alors que les barrages et les sondages assurent respectivement l'irrigation de 21.2% et 25.1% des superficies physiques irriguées.

L'examen du patrimoine oléicole de la Tunisie, permet de dégager une multitude de variétés d'olives cultivées dont les caractères sont parfois semblables et qu'il apparaît difficile de distinguer en raison du problème de nomenclature dû principalement à la synonymie et à l'homonymie très fréquentes (Mehri et al., 1997).

Parmi les variétés à huile, on peut citer Chemlali, Chétoui, Oueslati, Gerbouï, Zalmati, Zarazi, Barouni et Chemlali de Gafsa. En ce qui concerne les variétés à olives de table, on peut citer Meski, Besbessi, Bidh Hmam, Limi et Limouni. Néanmoins, l'olivieraie tunisienne est traditionnellement dominée par deux variétés principales : la Chemlali, cultivée au centre du pays dans la zone côtière et les steppes, occupe près de 85 % de la superficie réservée à l'oléiculture et contribue à hauteur de 80 % de la production nationale en huile et la Chétoui, cultivée au Nord, occupe les 15 % restants (Mehri et Hellali, 1995).

Le secteur de la transformation est en pleine mutation des pratiques artisanales vers des pratiques industrielles. On compte 1571 huileries dont la moitié fonctionne encore de manière traditionnelle, mais la capacité de production a été multipliée par 3.5 en deux décennies et la qualité s'est améliorée. Il existe aussi dans le pays 14 raffineries et 14 unités d'extraction d'huile de grignons

sous-employées et 41 unités de conditionnement avec un fort potentiel d'exportation (F.A.O., 2005).

L'exportation est la destination de 70% de l'huile produite, et la Tunisie représente 32% des exportations mondiales pour une production de seulement 8.3% de la production mondiale, ce qui a amené l'état à prendre des mesures en faveur de ce secteur stratégique, comme par exemple l'octroi de crédits pour le développement ou la promotion et l'exonération de la Taxe sur la valeur ajoutée (C.O.I., 2005).

5- LES SYSTEMES CULTURAUX

5.1- Les exigences de la culture d'olivier

L'olivier est une espèce typiquement méditerranéenne, très bien adaptée à un climat caractérisé par une période sèche, l'été, pendant laquelle l'olivier va utiliser les réserves d'eau accumulées dans le sol durant la période humide (Denis, 1998).

5.1.1- Le sol

Tous les terrains sont susceptibles à la plantation de l'olivier à l'exception des sols très argileux. Cependant il est préférable que le sol soit profond et perméable. La texture doit être équilibrée avec un rapport éléments fins/éléments grossiers de l'ordre de 50/50.

En général, on recommande :

- L'argile : 3-35% avec un maximum de 50%,
- Le limon : 5-35% avec un maximum de 45%,
- Le sable entre 45-75%.

Le pH peut aller jusqu'à 8,5 avec des risques de carence en fer (cas de sols trop calcaires) (Sikaoui, 2006).

5.1.2- La lumière

L'olivier étant exigeant en lumière, l'insolation est à considérer dans le choix de l'orientation des arbres et la densité de plantation. En effet, l'aspect le plus important pour une bonne productivité est l'exposition importante à la lumière du soleil de toute la cime de l'arbre (Sikaoui, 2006).

5.1.3-La pluviométrie

Une des caractéristiques du climat méditerranéen est l'irrégularité des précipitations annuelles et la mauvaise répartition des pluies. En général les deux-tiers, voire les trois-quarts de ces précipitations tombent en hiver (de Novembre à Février), c'est à dire en période de repos des arbres. Alors qu'en été (Juin, Juillet, août), les précipitations sont pratiquement nulles, ou du moins

sans effet pour les arbres à cause de la grande évaporation (Loussert et Brousse, 1978).

Des oliviers cultivés sous de telles conditions climatiques ne peuvent s'adapter à l'irrégularité de ce régime hydrique qu'en puisant en profondeur du sol le peu d'humidité qu'il peut contenir (terrain favorable à la pénétration des racines) et en exploitant un grand volume de terre (faible densité de plantation).

En oléiculture pluviale, la pluviométrie se situe entre 450 - 800 mm / an. En cas d'excès, on choisit des terrains drainants. En cas de déficit, on opte pour des terrains profonds et on procède à la réduction de densité.

Les effets du déficit en eau sur les différentes phases du développement de l'olivier se résument dans le Tableau 3.

	Phénologie de l'olivier	Effet du déficit en eau dans le sol
Mars Avril	- différenciation des bourgeons à fleurs - développement des bourgeons à fleurs - sortie des bourgeons à bois - début de croissance des pousses	- réduction du nombre des inflorescences - augmentation de la proportion de fleurs incomplètes - avortement des fleurs - réduction de la croissance des pousses
Mai Juin	- floraison - nouaison - grossissement des fruits (augmentation du nombre des cellules) - allongement des pousses	- réduction du nombre de fruits noués - chute des fruits - pousses peu allongées et augmentation de l'alternance de production
Été	- grossissement des fruits (augmentation de la taille des cellules) - allongement des pousses - induction floral	- arrêt du grossissement des fruits - chute des fruits
Automne	- grossissement des olives - formation de l'huile - accumulation des réserves	- fruits de petite taille - rapport pulpe/noyau faible - baisse du rendement en huile - réduction de l'accroissement des pousses - floraison de la campagne suivante de moindre qualité.

Tableau 3 : Effets du déficit en eau du sol sur les différentes phases phénologiques de l'olivier (d'après Denis, 1998).

5.1.4-La température

L'olivier craint le froid. Les températures négatives peuvent être dangereuses, particulièrement si elles se produisent au moment de sa floraison. La sensibilité de l'olivier aux basses températures est fonction de plusieurs facteurs tels que : l'état végétatif de l'arbre, la durée des basses températures, la résistance de la variété, l'état sanitaire de l'arbre, etc. (Loussert et Brousse, 1978).

Par contre l'olivier est apte à bien supporter les températures élevées de l'été si son alimentation hydrique est satisfaisante. Le Tableau 4 montre différents stades de développement de l'olivier liés à différents degrés de température.

-10°C à 12 °C	-Repos végétatif hivernal (risque de gel)
-7 °C à 5 °C	-Réveil printanier (risque de gel)
9 °C à 10 °C	-Zéro de végétation
14 °C à 15 °C	-Développement des inflorescences
18 °C à 19 °C	-Floraison
21 °C à 22 °C	-Fécondation
35 °C à 38 °C	-Arrêt de végétation
> 40 °C	-Risque de brûlure

Tableau 4 : Quelques critères thermiques de l'olivier (Wikipédia, 2005)

5.1.5-Choix de densité :

Le choix de la densité doit découler des facteurs suivants (Sikaoui, 2006):

- Des conditions climatiques et possibilités d'irrigation.
- De la nature du sol, profondeur et pente.
- De la variété: vigueur et développement des arbres à l'âge adulte.
- De l'orientation de la production (olive, huile).
- Des possibilités de la mécanisation.
- De la technicité au niveau de l'exploitation.
- De la présence de cultures intercalaires.

5.1.6-La fertilisation

Le potassium est un élément essentiel pour les arbres. Il doit être apporté à des doses voisines voire supérieures à celle de l'azote. Il joue un rôle important dans différentes fonctions cellulaires (synthèse des sucres et des protéines, turgescence des tissus, augmentation de la résistance à la déshydratation et transfert des substances minérales et organiques dans les différents organes de l'arbre,...) (Ben Mimoun, 2002). Il a un effet sur la coloration et la qualité gustative des fruits (effet favorable sur l'accumulation des acides organiques). Toutes ces fonctions confèrent au potassium un effet majeur sur le rendement en quantité et en qualité.

Le sol est aussi susceptible de fixer une partie du potassium apporté à l'arbre ou d'en perdre par lessivage, d'où la nécessité de corriger la dose d'apport calculée sur la base des exportations.

La demande en potassium augmente au cours de la saison, surtout pendant les phases de croissance rapide du fruit. Pour cela, la fertilisation doit être concentrée pendant cette période. La dose doit être calculée selon les exportations et principalement le rendement du verger. Les engrais potassiques les plus répandus en Tunisie sont le sulfate et le nitrate de potassium. Le mode d'apport est aussi important à considérer. La fertigation et la pulvérisation foliaire donnent une meilleure efficacité qu'un épandage au sol. Le programme de fertilisation établi doit être contrôlé de façon périodique par des analyses foliaires afin d'éviter l'apparition de carences ou d'excès.

Teneurs de références en Potassium des feuilles (en % de MS) pour l'olivier (Ferguson, 1994):

- < 0,4 = carence
- 0,8 = optimum.

Il est à noter que l'objectif de la fertilisation est d'ajuster les apports aux besoins de l'arbre, en fonction de son stade de développement, afin d'obtenir un rendement

en fruits important quantitativement et qualitativement, et d'assurer la rentabilité économique du verger le plus longtemps possible. Pour cela, il faut ajuster les apports en fertilisants aux besoins de l'arbre en restituant au moins ce qui est perdu annuellement par le verger (Ben Mimoun, 2002).

5.2- Les différents systèmes culturaux

Actuellement, différents systèmes culturaux de l'olivier coexistent :

- l'oléiculture extensive,
- l'oléiculture traditionnelle,
- l'oléiculture intensive ou moderne,
- l'oléiculture super intensive.

Selon les normes de l'Union Européenne, on distingue plusieurs types de densités :

- Densités < 50 arbres /ha : oléiculture extensive,
- Densités de 50 à 150 arbres/ha : oléiculture traditionnelle,
- Densités > 150 arbres / ha : oléiculture moderne intensive,
- Densités de 600 à 3000 pieds / ha : oléiculture super intensive,
- Densités temporaires : Arrachages de lignes ou rangs après un certain nombre d'années.

Il est à noter que le concept de densité n'a pas de sens pour les arbres dispersés qui constituent une classe à part.

L'oléiculture traditionnelle est caractérisée par des pratiques agricoles très anciennes, elle persiste dans tous les pays oléicoles. Ce système de production confie à l'espèce une rusticité excessive longtemps prêtée à l'olivier et a souvent contraint l'arbre dans des conditions de végétation difficiles peu propices, d'une part, à la pleine expression de son potentiel génétique, et d'autre part au bon déroulement de son cycle végétatif. Ce système de culture est caractérisé par une faible production, la cueillette des olives est manuelle nécessitant une forte utilisation de main-d'oeuvre engendrant des coûts de production très élevés.

Dans les pays du bassin méditerranéen à côté du système de culture traditionnel, l'oléiculture intensive a été développée.

En effet, l'essentiel de l'évolution technique au cours des dernières décennies résulte de l'intensification de la culture et des conséquences qui en découlent en termes de maîtrise de la croissance et de gestion de la récolte. Cette notion d'oléiculture intensive amorcée dans les années 80 a débouché sur la plantation de vergers à haute densité jusqu'à 3000 arbres / ha (Porras et al., 1997).

Toutefois, une situation de forte compétition entre arbre et une limitation de la croissance entraînent une mise à fruit rapide. Au problème d'alternance, souvent observée, succède la nécessité de maîtriser de manière stricte la croissance et la fructification. Ainsi, pour lever ces contraintes, la dernière décennie a vu l'émergence d'une nouvelle oléiculture ayant pour objectif de gagner le pari de mécanisation de la cueillette des olives en suivant la voie de l'adaptation de l'arbre à la machine. Dans cette voie de la mécanisation de l'oléiculture, les concepteurs étaient guidés dans l'élaboration de leur modèle, par le choix de variétés qui devraient répondre au mieux à ces objectifs, c'est à dire de vigueurs limitées, productives, d'un port dressé et ayant des huiles aux qualités appréciables. Toutefois pour allier la forte productivité à la maîtrise de la frondaison de l'arbre, à l'âge adulte, les fortes densités s'imposent.

Fortement inspirée d'un modèle espagnol, mis au point, et focalisée sur les impératifs de la compétitivité, la nouvelle oléiculture a fait ses premiers pas. Elle s'est inscrite en effet, dans un concept, tout à fait nouveau celui d'une oléiculture, productive, régulière et surtout mécanisée. Elle se propose de rivaliser avec l'oléiculture classique, taxée de peu productive, marginale et faisant appel à une main d'oeuvre se faisant de plus en plus rare et souvent peu qualifiée, ce qui grève le coût de production des olives, notamment au niveau des postes de cueillette d'olives et de la taille des arbres. L'oléiculture classique trouve, en effet de plus en plus de difficultés pour tenir, sur les marchés face aux autres huiles végétales comestibles, en dépit des vertus salutaires et nutritionnelles de l'huile d'olive.

En Espagne, les densités vont jusqu'à près de 2000 pieds à l'hectare, les écartements les plus communément pratiqués en Tunisie sont de 2x4 mètres soit un peuplement de 1250 pieds à l'hectare : cas des premières parcelles installées en Tunisie dès l'année 2000 à Mornag et au Cap-Bon, sur une superficie globale de l'ordre 50 hectares (Allalout, 2003).

6- LA NOUVELLE OLEICULTURE : LA CULTURE HYPERINTENSIVE

L'idée de l'oléiculture super intensive est d'adapté l'exemple des rosacées fruitières notamment le pommier sur l'olivier. Il s'agit de plantations en très haute densité avec des interlignes de 3 m à 4 m et des distances entre arbres de 1.3 m à 2 m. Ce type de densité permet d'atteindre des productions élevées en peu de temps grâce au nombre élevé de plants. Les arbres sont formés en axe central de 2 à 2.5 m de hauteur. La rentabilité est basée sur l'entrée en production rapide et la mécanisation intégrale par des récolteuses de vigne adaptées à l'olivier.

En 2005, les plantations de ce type sont de l'ordre de 25000 ha. Elles ont été initiées en Espagne en 1998 et ont été introduites dans divers pays producteurs dont la Tunisie, le Maroc, la Californie, l'Australie, le Chili,...

6.1-L'introduction de la culture hyperintensive dans le monde

Plusieurs pays à travers le monde ont adopté le système de culture hyperintensive visant à faire face aux fluctuations inter-annuelles et à l'accroissement de la demande en huiles par l'intensification du système de production actuel.

6.1.1-Les fluctuations inter-annuelles

La production d'olive dans le monde est souvent caractérisée par des fluctuations inter-annuelles importantes qui s'expliquent par l'effet conjugué de trois facteurs essentiels (Berrichi, 2006), à savoir:

- l'alternance, phénomène physiologique caractérisant l'olivier,
- les techniques d'entretien qui demeurent en général rudimentaires,
- les conditions climatiques, en particulier la pluviométrie.

L'alternance de production est un phénomène qui se manifeste par des irrégularités de production au niveau de l'arbre, de la parcelle et de la région.

Elle peut être bisannuelle, succession d'une année «Plus» à une année «Moins». Comme elle peut être pluriannuelle : succession de deux ou trois années de faibles productions à une année de bonne production.

Les recherches effectuées jusqu'à l'heure actuelle sur le phénomène de l'alternance chez les arbres fruitiers l'attribuent à des facteurs liés à la plante elle-même (facteurs intrinsèques) notamment le génotype, les équilibres phytohormonaux et nutritionnels et à des facteurs extrinsèques (milieu de culture, fertilisation, régime hydrique, taille et maladies).

Les autres facteurs intrinsèques ou extrinsèques agissent sur les fonctions physiologiques de l'arbre par le détournement du métabolisme soit au profit de la fructification soit au profit de la végétation ou par la déstabilisation de l'équilibre hormonal endogène.

En effet la culture de l'olivier au cours de sa vie évolue selon des stades physiologiques bien définis : repos végétatif, floraison, nouaison, grossissement des fruits et maturation des fruits. Au niveau de chaque stade physiologique l'arbre est soumis à l'influence des facteurs extrinsèques ou intrinsèques (Tableau 5).

Le cycle biologique de l'olivier est caractérisé par le chevauchement de deux fonctions physiologiques différentes. La première s'établit sur le rameau d'un an et se manifeste par la floraison et la fructification. La seconde intéresse les nouvelles ramifications qui naissent sur le rameau d'un an ou sur d'autres d'âges différents. La première fonction assure ainsi la fructification de l'année en cours alors que la seconde prépare le site constitué par les nouvelles pousses à la fructification de l'année suivante. La simultanéité de déroulement de ces deux fonctions semble être à l'origine des compétitions nutritives qui s'installent entre les organes végétatifs et fructifères .

6.1.2- L'accroissement de la demande en huiles

Durant les dernières décennies on a assisté à l'accroissement de la demande en huiles et conserves d'olive au niveau des marchés internationaux et nationaux. Les atouts et les potentialités naturelles des pays en matière d'extension et de développement de l'oléiculture concourent en faveur d'une stratégie d'intervention pour l'intensification du système de production actuel.

Cette stratégie se base également sur la recherche d'une meilleure efficacité économique au niveau des différentes composantes de la filière oléicole.

En effet, l'intensification du nombre d'arbres par hectare représente une possibilité d'amélioration de la productivité. Ceci afin d'avoir un noyau stable de production pour faire face aux engagements mondiaux.

Phases Végétatives	Début	Durée Manifestations	Manifestations
Repos végétatif	décembre-janvier	1-3 mois	Activité germinative arrêtée ou ralentie
Induction florale	février		Les fruits se développeront sur le bois poussé l'année précédente (> taille).
Reprise de la végétation	fin février	20-25 jours	Émission d'une nouvelle végétation de couleur claire
Apparition de boutons floraux	mi-mars	18-23 jours	Inflorescences de couleur verte, blanchâtres à maturité
Floraison	de début mai au 10 juin	7 jours	Fleurs ouvertes et bien apparentes, pollinisation et fécondation
Fructification	fin mai-juin		Chute des pétales, hécatombe précoce des fleurs et des fruits
Développement des fruits	seconde moitié de juin	3-4 semaines	Fruits petits mais bien apparents
Durcissement du noyau	juillet	7-25 jours	Fin de la formation des fruits devenant résistants à la coupe et à la section
Croissance des fruits	août	1,5-2 mois	Augmentation considérable de la taille des fruits et apparition des lenticelles.
Début de maturation	de mi-octobre à décembre		Au moins la moitié de la surface du fruit vire du vert au rouge violacé
Maturation complète	de fin octobre à décembre		Fruits avec une coloration uniforme violette à noire

Tableau 5 : Cycle végétatif de l'olivier (Wikipédia, 2005)

6.1.3- L'évolution de la culture hyperintensive dans le monde

Au début des années 2000, la superficie cultivée en hyperintensif était inférieure à 10 000 ha. Par la suite, sur la période 2000-2006, il y'a eu un accroissement des superficies cultivées atteignant les 36 500 ha (Figure 6) distribuées entre l'Espagne (20 000ha), le Portugal

(4000 ha), le Chili (4500 ha), l'USA (3500 ha), la Tunisie (2500 ha), le Maroc (1000 ha), la France (500 ha) et autres (500 ha) (Figure 7) (OLINT, 2007).

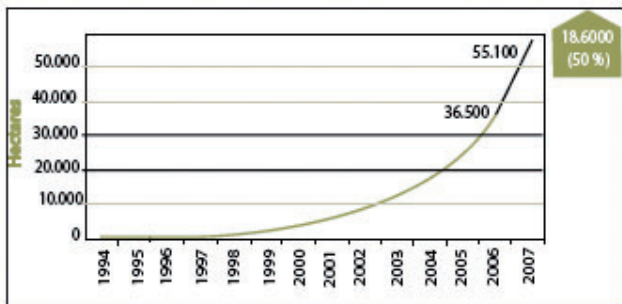


Figure 6 : Evolution de la superficie plantée dans le monde (OLINT, 2007).

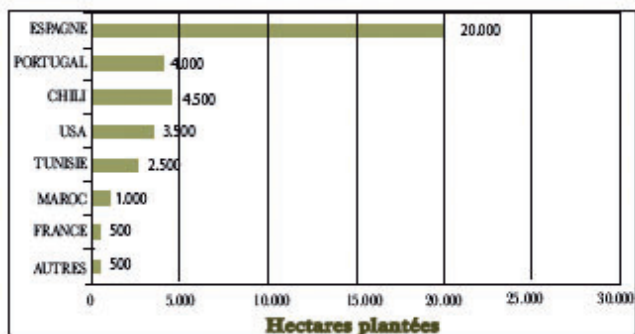


Figure 7 : Distribution par pays de la surface plantée pendant la période 1994-2006 (OLINT, 2007)

En 2007, les surfaces cultivées en hyperintensif ont atteint les 55 100 ha enregistrant ainsi une augmentation de 50% soit 18 600 ha de plus que l'année précédente (Figure 8) (OLINT, 2007).

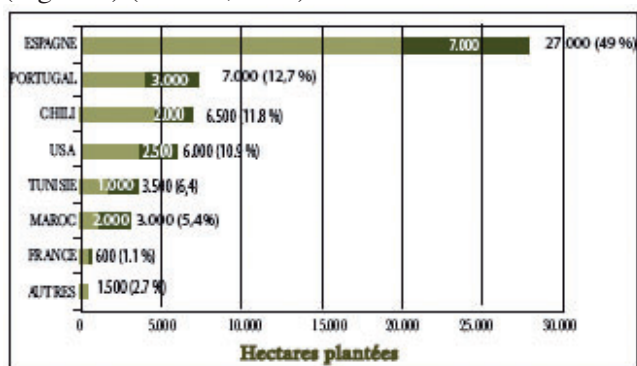


Figure 8 : Augmentation de la surface plantée en 2007 (OLINT, 2007).

6.1.4- La propagation de la culture hyperintensive à travers le monde

Le système hyperintensif de la culture de l'olivier a démarré au Nord de l'Espagne en 1995 dans des exploitations privées et dans des parcelles de recherche agricole. Ce système est basé sur l'augmentation du nombre de plants par hectare (1200 à 2200 plants /ha), l'utilisation

de la technique de fertigation, un système de taille spécial et la mécanisation aussi bien de la taille que de la récolte. Cette expérience a été diffusée dans plusieurs pays dans le monde comme suit :

• L'hyperintensif en France en 1997

La France est le premier pays qui a adopté ce type de plantation. Les premiers hectares datent de 1997. Actuellement, après avoir essuyé les sévères critiques de la part des producteurs locaux, en raison des réticences quant à l'utilisation de variétés étrangères, il s'est formé une association appelée Union Oléicole de Provence qui possède désormais près de 250 Ha de plantation en hyperintensive.

• L'hyperintensif en Californie (USA) en 1999

Les États-Unis sont le troisième pays du monde importateur d'huile et dans quelques années, il pourrait bien devenir le second, voire même le premier. En effet, les importations d'huile d'olive aux États-Unis atteignent déjà les 250 000 T. La production locale équivaut à seulement 1%. Cependant, l'état de Californie réunit toutes les conditions nécessaires à la production d'olives. Et c'est pour cette raison qu'un groupe d'investisseurs espagnols a décidé d'investir dans ce type de plantations, en 1999. California Olive Ranch (COR) a vu le jour et fut le détonateur de la création de nombreuses plantations. A la fin de l'année 2007, le nombre d'hectares a dépassé les 6000.

• L'hyperintensif au Portugal en 2000

L'entreprise cordouane TODOLIVO est à l'origine des premières plantations réalisées par les investisseurs portugais dans le pays voisin. Dès lors, le nombre de plantations n'a cessé de croître au Portugal. Les investisseurs locaux et surtout espagnols attirés par le prix du terrain, bien plus bas qu'en Espagne, ont fait du Portugal un pays dont il faut tenir compte en matière de production d'huile d'olive européenne pour le futur.

• L'hyperintensif en Tunisie en 2000

En 2000, l'entreprise locale SADIRA, réalisa la première plantation de 25 Ha sur son propre domaine, et à partir de là décida de favoriser la création de plantations dans le pays.

• L'hyperintensif au Chili en 2001

Via Wine, planta à San Rafael les 25 premiers Ha, et à partir de ce moment, de grandes familles rattachées au monde du vin et à d'autres secteurs se lancèrent dans la plantation, considérant qu'elles disposaient déjà d'un système de production efficace qui leur permettait de vendre l'huile Chilienne dans le monde. Il est à noter que fin 2007, le Chili compte déjà 6 000 Ha plantés au sein de ce système.

• *L'hyperintensif au Maroc en 2003*

C'est après avoir observé ce qui se passait en Espagne et avoir acquis une certaine expérience dans son pays, que Michel Ayello, aujourd'hui décédé, convainc Atlas Farming (Marrakech) de réaliser la première plantation.

• *L'hyperintensif en Australie en 2003*

La commercialisation de la première huile d'olive vierge extra australienne des variétés Arbéquina et Arbosana proviennent des plantations de haute densité situées dans la zone du Riverland, Sud de l'Australie. Cette zone est située à 170 Km à l'Est d'Adélaïde, et se caractérise par son aspect semi désertique, avec des températures élevées en été, des températures froides en hiver et une pluviométrie de 200 mm par an. L'eau employée pour l'arrosage provient de la rivière Murray. La plantation est de 6 Ha (4.5 Ha d'Arbequine et 1.5 Ha d'Arbosana) et fut réalisée au printemps 2003, dans un cadre de plantation de 4 x 1.5 m.

• *L'hyperintensif en Italie en 2004*

Moreno Bernardini, fut le premier à réaliser dans son exploitation familiale de Scarlino, la première plantation commerciale existante dans le pays transalpin. Encouragé par les professeurs Godini et Bellomo de l'Université de Bari, Mr. Giovanni Cantore réalisa la première plantation à La Puglia. Il est bien surprenant que le second producteur d'huile d'olive du monde ait adopté si tard la modernisation dans ses oliveraies. Or, il existe 3 raisons fondamentales: le manque de terre disponible, la difficulté d'arrachage et de reconversion des anciennes oliveraies et la grande difficulté d'utilisation de variétés importées pour pouvoir conserver sa typicité.

• *L'hyperintensif en Grèce en 2007*

La Grèce a réalisé les premières plantations d'olivier conduites en haie. En raison de ses particularités orographiques, la Grèce est un pays qui manque de grandes surfaces disponibles. Dans de telles circonstances, de petits producteurs se sont organisés pour commencer à planter ensemble les premières 60 Ha. Ces plantations ont vu le jour entre la zone de Patras (Péloponnèse) et Agrinio, un peu plus au Nord. L'entreprise locale Geolivo qui distribue les plantes Olint, fut chargée d'organiser ces plantations. La variété préférée fut logiquement la variété locale Koroneiki et quelques hectares d'Arbequine I-18 et d'Arbosana I-43 ont également été plantés.

• *L'hyperintensif en Arabie Saoudite*

NADEC est une entreprise agricole qui a commencé à planter les 120 premiers Ha d'oliviers à Al Jawf, en plein désert, au Nord du pays et à 300 Km au Sud de la frontière avec la Jordanie. Le matériel végétal de la culture hyperintensive fût distribué en Arabie Saoudite par l'entreprise Middle East Agricultural Company.

6.2- Le système de plantation en superintensif

En Tunisie, la culture de l'olivier est essentiellement conduite en sec (95%) et associe harmonieusement la densité des plantations à la moyenne des précipitations à savoir 100 pieds/ha dans le centre où la pluviométrie est de l'ordre de 300-350 mm et 20 pieds/ha dans le sud où la pluviométrie varie de 200 à 250 mm.

Depuis le développement des périmètres irrigués à travers le pays et les importants efforts consentis pour la valorisation des eaux de qualité médiocre, de nouvelles plantations conduites en irriguées ont été créées sur près de 80 000 ha dont certaines en culture intensive avec une densité moyenne de 200 pieds/ha et d'autres en intercalaires avec des densités variables. Il faut connaître que ce concept de plantation intensive a évolué ces dernières années et ne se limite plus au nombre élevé d'arbres par hectares, mais englobe également d'autres facteurs de production tels que la fertilisation, l'irrigation localisée et le choix de taille appropriée en vue d'une meilleure rentabilité par rapport à la culture traditionnelle.

6.2.1- Quelques exemples d'écartements utilisés :

Actuellement, les écartements les plus communément pratiqués à travers le monde sont les suivants (Sikaoui, 2006):

- o 7 m x 1.35 m présentant une densité de 1058 pieds / Ha (en sec),
- o 4 m x 2 m présentant une densité de 1250 pieds / Ha,
- o 4 m x 1.5 m présentant une densité de 1666 pied / Ha,
- o 4 m x 1.35 m présentant une densité de 1850 pieds / Ha,
- o 4.25 m x 1.2 m présentant une densité de 1960 pieds / Ha,
- o 3 m x 1.5 m présentant une densité de 2222 pied / Ha,
- o 3.68 x 0.92 m présentant une densité de 2960 pieds / Ha (USA).

6.2.2- Recommandations pour la réussite des plantations super intensives :

Aux USA, ce type de plantation est introduit et recommandé puisqu'il permet une mécanisation intégrale. Les recommandations pour la réussite sont les suivantes (Vossen, 2007) :

- Terrain : bien drainé, pente légère, texture équilibrée, peu profond et pas très fertile,
- Variétés connues: Arbéquina, Arbosana et Koreneiki et autres,
- Ecartements: dépendent du climat et de la fertilité du sol :

- Minimum : 0.92 m x 3.68 m : 2950 Plants / Ha,
- Maximum : 1.2 m x 4.25 m (Terrain fertile): 1960 Plants /Ha.

• Conduite :

- * 2-3 premières années: maintenir l'humidité abondante, fertilisation adéquate pour atteindre le volume alloué après 3-4 ans,
- * Conduite en axe vertical avec élimination des branches latérales: départ des 1ères branches à 90 cm du sol,
- * Tailles légères durant les trois premières années,
- * Installation de tuteurs,
- * Taille mécanique en été pour éliminer les branches hautes et latérales
- * Fertilisation: Réduction des apports de l'azote pour limiter la vigueur à partir de la troisième année,
- * Irrigation déficitaire à partir de la quatrième année pour limiter la vigueur,
- * Contrôle des maladies : Attention particulière à au contrôle de l'oeil de paon (*Spilocaea oleaginea*).
- * Les besoins par hectares de la culture hyperintensive sont de l'ordre de 6000 à 7000 m³/ an d'où la nécessité d'une source d'irrigation complémentaire à la quantité de pluie tombée dans la région,
- * Pour la fumure de fond, la qualité retenue est de 200 Kg de super phosphate et autant de sulfate de potasse, ceci en absence de fumier (20T/ha).

6.2.3- Le système hyperintensif et l'espacement idoine

6.2.3.1- L'espacement :

L'espacement idoine pour un système superintensif est de 4 x 12 pieds (1.22 x 3.66 m) (Seul 80% du sol du champ devrait se trouver à l'ombre au milieu de l'été). Cette affirmation se base sur le fait qu'il existe plus de zone superficielle exposée à la lumière directe du soleil si on évite que les cimes des arbres d'une rangée ne touchent celles des arbres de l'autre rangée. Si l'on permet aux arbres de pousser suffisamment sur le côté pour créer de l'ombre sur 100% du sol du champ (lorsque le soleil est haut dans le ciel), seule la partie la plus haute de la cime sera exposée au soleil, qui fera de l'ombre à la partie la plus basse de la cime, limitant ainsi la production de fruit (OLINT, 2007).

- Les arbres dont l'espacement est supérieur à ce qui est indiqué ont besoin de développer des branches secondaires échelonnées, au sein même de la rangée d'arbres ou entre les rangées, ce qui est tout à fait possible, mais qui rend plus coûteuses les opérations d'entretien et de taille de l'arbre.

- Les arbres dont l'espacement est inférieur à ce qui est indiqué, commencent plus rapidement à se gêner et à se faire de l'ombre les uns les autres au fur et à mesure qu'ils poussent, et peuvent même nécessiter une taille plus fréquente et intense, ce qui augmente les coûts.

Ainsi, il est si important de commencer dès le début avec l'espacement idoine (4 x 12 pieds : 1.22 x 3.66 m).

6.2.3.2- L'orientation :

Les arbres devraient être disposés avec une orientation Nord à Sud. Ce type de disposition permet une distribution beaucoup plus uniforme de la lumière du soleil des deux côtés de la haie. Les champs plantés avec une orientation Est à Ouest en revanche, ont rencontré plus de problèmes de faible production et de maladies foliaires dans les zones Nord de la haie (OLINT, 2007).

6.2.3.3- La hauteur des arbres :

Il faudrait laisser les arbres atteindre une longueur d'environ 9 pieds (2.75 m). Ainsi, ils poussent vers le haut, grâce à un tuteur central et on les laisse pousser librement sur les côtés pendant les quatre premières années. Les troncs qui se trouvent en dessous de 28-32 pouces (0.71 à 0.81 m) ne devront pas présenter de bourgeons, pour éviter que ceux-ci gênent le châssis de ramassage de la récolteuse.

La hauteur des arbres de la haie devrait être égale à 3/4 de la distance qui existe entre les rangées. En effet, l'aspect le plus important pour une bonne productivité est l'exposition importante à la lumière du soleil de toute la cime de l'arbre. Pour garantir une bonne exposition à la lumière du feuillage inférieur de l'ensemble de la haie, la rangée adjacente ne peut être trop élevée, ni trop rapprochée pour ne pas créer un excès d'ombre. Si on utilise la hauteur maximum de 9 pieds (2.75 m), par exemple, de la récolteuse mécanique qui travaille au-dessus de la rangée, cela signifie que les rangées doivent être espacées de 12 pieds (3.66 m). Fondamentalement, la hauteur maximum autorisée par la récolteuse établit l'espacement entre les rangées (OLINT, 2007).

6.2.3.4- L'espacement entre les arbres d'une même rangée

Cet espacement devrait être suffisant pour que les branches avec des fruits qui poussent en s'éloignant de la tige centrale ne se touchent pas. C'est là une théorie qui concerne uniquement les oliviers d'un système superintensif.

Cette théorie s'applique pour simplifier la taille manuelle, la pratique agricole la plus onéreuse une fois que la récolte a été mécanisée.

Les oliviers produisent de nouvelles pousses à un angle d'environ 45° en partant directement de la tige centrale, à condition que la lumière soit suffisante sur ce point.

Les pousses des variétés «Arbéquina » et «Koroneiki» se développent jusqu'à atteindre 1 ou 2 pieds (0.30 à 0.61 m) de longueur et se recourbent sous le poids des fruits.

Pendant la deuxième année, sur les bras et les extrémités des branches recourbées poussent des branches secondaires de 6 pouces à 1,5 pieds (0,15 à 0,5 m) de long. Pour finir, elles se recourbent sous le poids de la récolte de cette année à une distance de 2 pieds (0.61 m) depuis le tronc central. Cette distance multipliée par 2 est l'espace idéal qu'il faut laisser entre les arbres au sein d'une même rangée, car de cette façon, les rameaux fructifères se touchent tout simplement et la lumière du soleil peut entrer suffisamment dans la cime de l'arbre (OLINT, 2007).

Ainsi, le fait de maintenir les tiges avec des fruits éloignées du tronc central pendant deux ans élimine la nécessité de réaliser des tâches de tailles compliquées et évite la formation structurelle des branches. En hiver, les tiges anciennes et épaisses, proches de la tige centrale devraient être retirées, en laissant un petit chicot pour permettre à de nouvelles pousses de se développer. Il est probable que ces pousses qui donnent déjà des fruits depuis deux ans s'appauvrissent et que leur potentiel de production soit faible au cours de la troisième année (OLINT, 2007).

6.2.3.5- La taille

La taille individuelle des arbres peut se réaliser de façon très simple et peu onéreuse en découpant la partie ligneuse de la troisième année, qui est plus faible et dont le diamètre du guide central est plus grand, pour couper les souches. Les jupes peuvent être coupées mécaniquement tous les étés en utilisant une tailleuse équipée d'une barre de coupe pour permettre à la récolteuse de s'approcher parfaitement des cimes des arbres; et l'on peut couper mécaniquement les parties hautes des arbres tous les deux ans pour que la hauteur se maintienne dans les limites de la récolteuse (OLINT, 2007).

6.2.4- Polémique au sujet des densités superintensives :

Les plantations super intensives récemment développées suscitent actuellement une grande polémique quant à leur faisabilité et leur rentabilité. Une étude comparative de deux plantation : la première intensive : (208 pieds/ha) et une deuxième super intensive (2222 pieds/ha) a permis d'émettre les conclusions ci-après (Sikaoui, 2006) :

- Les plantations d'olivier en haie requièrent de plus grands investissements pour leur installation que celles avec densité de plantation 208 oliviers / Ha,
- Les plantations superintensives exigent des tailles sévères, d'où des dépenses supplémentaires,

- Les tailles excessives réduisent l'activité photosynthétique et donc la productivité de l'olivieraie, ce qui peut représenter une limitation à sa rentabilité,
- Les récolteuses de vigne (tracteurs enjambeurs) adaptées à l'olivier n'engendrent pas de dégâts sur les fruits, or ces machines peuvent causer des disséminations rapides de la tuberculose surtout chez les variétés sensibles.

Une autre étude comparative de deux plantation : la première intensive : (300 pieds/ha) et une deuxième superintensive (1904 pieds/ ha) a permis de révéler une productivité importante au niveau de la culture de haute densité (Munoz-Coba 2007).

Les avis ainsi divergents entre ceux qui sont pour et ceux qui sont contre qu'on peut résumer ainsi :

- Arguments « Pour » :

Entrée en production rapide, meilleures productions, meilleure rentabilité, durée de vie: 20 ans, coûts de récolte réduits, production d'huile de bonne Qualité.

- Arguments « Contre » :

Investissement lourds, conduite difficile et coûteuse, durée de vie courte (10 ans), gamme variétale réduite, gain de production de seulement 15 %, coût de récolte élevé.

En général, on pense que les plantations d'oliviers avec une haute densité sont prometteuses. En effet, la production dans l'oléiculture traditionnelle est de l'ordre de 200 – 300 kg/ha d'huile, alors que dans les vergers intensifs, elle peut s'élever à 1000 Kg/ha d'huile, soit une production similaire à celle des plantes oléagineuses qui produisent des huiles de graines concurrentes sur le marché.

Toutefois, certains rapportent que ce type de plantation exige le développement de variétés nouvelles génétiquement naines ou de porte greffes nanisant (Sikaoui, 2006) ou des variétés conçues en se basant sur des critères d'adaptation au système superintensif. Ceci étant donné que le choix variétal est considéré comme primordial d'où la nécessité d'utiliser des variétés peu vigoureuses et à port dressé.

6.2.5- Conception de variétés adaptées au système hyperintensif

La variété Chiquitita est la première variété, issue du Programme d'Amélioration Génétique de l'Olivier de Cordoue, obtenue en se basant sur des critères d'adaptation au système super-intensif (OLINT, 2007).

Les chercheurs de l'Université de Cordoue et de l'IFAPA (Institut Andalou d'Investigation et Formation Agricole, de la Pêche, de l'Alimentation et de la Production Écologique) Diego Barranco, Luis Rallo, Lorenzo León

et Raúl de la Rosa sont à l'origine de cette nouvelle variété, issue d'un croisement entre les variétés Picual et Arbéquina. Ces deux variétés sont utilisées comme parents et se caractérisent par leur productivité importante et un rendement gras élevé (OLINT, 2007).

Elle fut présentée comme une variété très productive et idéale pour les plantations conduites en haie et par conséquent, pour la récolte mécanisée, très productive, avec une vigueur moindre que l'Arbequina (-40%) et capable de produire une bonne récolte à partir de la troisième année (OLINT, 2007).

Selon les données obtenues jusqu'à présent (sur les quatre premières récoltes) la production par arbre est légèrement inférieure à celle de l'Arbéquina, mais sa productivité par volume de cime est supérieure. Son rendement gras est plus important que celui du Picual et elle mûrit une semaine avant l'Arbequina et de façon plus regroupée (OLINT, 2007).

7- LES VARIETES INTRODUITES

L'introduction variétale est une technique très utilisée dans les pays oléicoles méditerranéens car elle permet d'abrégier les phases préliminaires de l'obtention de nouvelles variétés. Elle permet d'améliorer la diversité des cultures, de sauvegarder la biodiversité de l'olivier (conserver ces cultivars dans des collections «noyau», ainsi que dans des collections nationales et dans des collections internationales (RESGEN CT 96-97) (Boulouha, 2006) et mettre à la disposition de la communauté scientifique les différents cultivars d'olivier en vue d'étudier leur comportement dans les conditions hors sites d'origines et évaluer ainsi leurs potentialités dans leurs nouveaux sites de plantation.

Cependant, il est très rare de voir un cultivar exprimer les mêmes performances productives dans des environnements différents de son milieu d'origine. Les conditions pédoclimatiques d'une région exercent sans doute un effet sur l'expression productive et sur les caractéristiques du produit (Tous et Romero, 1994). La diffusion à l'échelon d'une région ou d'un pays d'une nouvelle variété doit nécessairement passer par l'étape expérimentale d'évaluation de ses performances dans les conditions environnementales de ce milieu (Allalout, 2003 ; Allalout et al., 2009).

Le choix du cultivar en fonction de la destination de la production, des caractéristiques climatiques et pédologiques de la densité de plantation, dépend de la variété, du complexe sol/climat, des possibilités d'irrigation, de la conduite future des arbres, du système d'entretien du sol, du système de récolte notamment la possibilité d'utilisation de machines pour la récolte et pour le transport.

7.1- Les zones de cultures de l'olivier dans les différents sites d'origine des variétés introduites étudiées

7.1.1-L'Espagne

L'olivier est cultivé dans 13 des 17 Communautés autonomes d'Espagne, mais cette culture est surtout concentrée dans la moitié sud de la péninsule. Quatre régions concentrent 96% de toute la production espagnole : l'Andalousie (62.7% de la surface cultivée pour 82.6% de la production nationale), Castille-La Manche (13.8% de la superficie pour 6.3% de la production), l'Estrémadure (9.8% de la superficie mais 3.9% de la production) et la Catalogne (zone de culture de l'Arbéquina) (4.5% de la superficie et 3.2% de la production). Les autres régions de production importante sont la Communauté de Valence (3.9% de la superficie) et l'Aragon (2.3% de la superficie) (FAO, 2005).

7.1.2-La Grèce

Le patrimoine oléicole est localisé dans la péninsule Chalcidique et dans la partie Ouest de la Grèce continentale, dans le Péloponnèse, en Crète, ainsi que dans les îles des mers Ioniennes et Égée. Près de 80% de la production oléicole nationale provient du Péloponnèse (37%, surtout en Messénie et en Elide), de Crète (zone de culture de la koroneiki) (30%, surtout à Héraklion et La Canée) et des Îles Ioniennes (12%, surtout à Corfou) (FAO, 2005).

7.1.3-L'Italie

La culture de l'olivier est présente dans 18 des 20 régions italiennes (culture de la Pendolino à l'échelle nationale), mais 84.6% de la production se concentre dans les régions méridionales comme les Pouilles (32.5% sur 32% de la surface cultivée), la Calabre (25.5% sur 16% de la superficie cultivée) et la Sicile (10.3% sur 15% de la surface oléicole). Les autres grandes régions productrices sont la Latium, la Campanie, l'Ombrie et la Toscane (zone de culture de la Mignolo et la Santa Caterina) (FAO, 2005).

7.2- Les variétés introduites dans le monde

Un verger de variétés introduites a été installé en 1988 dans la localité de Borj El Amri au Nord de la Tunisie. Les cultivars utilisés regroupent les variétés suivantes : Arbéquina (variété espagnole à huile), Ascolana (variété italienne de table), Leccino (variété italienne à huile), Manzanilla (variété espagnole de table), Picholine (variété française à double fin), Caroléa (variété italienne de table) Chétoui et chemlali (deux variétés tunisiennes à huile), Meski (variété locale de table). Il s'agissait d'une plantation visant à étudier le comportement de ces variétés en dehors de leurs sites d'origines et d'évaluer leurs potentialités en comparaison aux autochtones. Parmi les résultats trouvés, en ce qui concerne la production cumulée jusqu'à la 6^{ème} année, l'Arbéquina et la Chemlali

viennent en première position suivie de l'Ascolana. Cette performance se trouve étroitement liée aussi bien à la précocité d'entrée en production qu'au pourcentage de fructification (M'sallem et al., 1995).

La recherche agronomique avait procédé à des introductions de variétés étrangères depuis 1927 à Marrakech et à Meknès comprenant 120 variétés originaires de pays oléicoles de la Méditerranée.

En 1987 l'I.N.R.A. a mis en place une collection regroupant les principales variétés cultivées dans le bassin méditerranéen : Picholine (France), Carolea (Italie), Leccino (Italie), Arbéquina (Espagne), Manzanilla (Espagne), Sorani (Syrie) et Ayvalik (Turquie) pour leurs performances dans les conditions de la région du Haouz (Marrakech). Les variétés étudiées au Domaine Ménara ont exprimé dans l'ensemble leurs caractéristiques agronomiques qu'elles avaient dans leurs pays d'origines à l'exception du caractère d'autofertilité (faible) chez la Manzanilla et celui de la teneur en huile (moyen) chez la variété Arbéquina. L'ensemble de ces variétés montre ainsi leur bonne aptitude d'adaptation aux conditions pédoclimatiques de la région du Haouz. D'après ces résultats, les croisements entre les variétés locales marocaines et les variétés étrangères ci dessus énumérées permettraient l'obtention d'un matériel végétal nouveau et amélioré (Boulouha, 2006).

L'oléiculture algérienne est caractérisée par une large gamme de variétés dont on retrouve parmi elle des variétés introduites telle que : 'Sigoise', 'Verdial', 'Cornicabra' et 'Gordal' (Med Agri, 2005).

Quant au profil variétal du patrimoine oléicole Argentin, il faut savoir qu'environ 50% du patrimoine actuellement en pleine production correspond à la variété "Arauco", obtenue probablement à partir de la sélection de plants issus de semis introduites en Argentine de l'Espagne. Les autres variétés importantes cultivées dans le pays sont "Manzanilla", "Arbéquina", "Frantoio", "Leccino", "Cornicabra", "Farga", "Ascolano", "Empeltre", "Changlot Real", "Sevillana Fina", "Sevillana Gordal" et "Cerignola". Le nombre total de variétés diffusées dans le pays, soit d'origine espagnole soit italienne, serait d'environ 40 (Med Agri, 2005).

L'analyse variétale est assez confuse en Australie puisqu'il n'existe pas d'études systématiques sur le comportement des variétés d'olivier dans les différentes zones de culture. Certains agriculteurs et pépiniéristes d'origine méditerranéenne ont introduit de nombreuses variétés de leurs pays d'origine, souvent sans les avoir testées préalablement. Les principales variétés cultivées sont : "Verdale", "Kalamata", "Manzanilla", "Gordal", "Misión", "Barnea", "Pendolino", "Frantoio", "Leccino", "Arbéquina", "Picual" et "Hojiblanca" (Med Agri, 2005).

La structure variétale de l'olivier en Uruguay est principalement originaire d'Espagne et d'Italie. Il n'existe pas d'études systématiques sur le comportement des variétés d'olivier dans les différents départements du pays. Néanmoins, les plans et l'information concernant cette collection sont en cours de récupération. En 2002, l'INIA de "Las Brujas" et celui de "Salto Grande" ont initié dans leurs stations respectives un essai comparatif portant sur cinq variétés d'olivier importantes ("Arbéquina", "Frantoio", "Manzanilla de Sevilla", "Picual" et "Barnea"), dans l'objectif d'étudier leur capacité d'adaptation aux conditions environnementales du pays, qui sont très différentes des zones traditionnelles de culture du bassin Méditerranéen dont elles sont originaires (Med Agri, 2005).

De même au Texas, la structure variétale de l'olivier est principalement originaire d'Espagne et d'Italie. Comme variétés on peut y trouver : Frantoio, Leccino, "Maurino", "Moraiolo", "Pendolino", "Arbéquina", "Arbosana", "Manzanillo", "Picual" et "Mission".

Dans le conté de Sonoma et sur la côte Nord de la Californie, l'objectif de l'introduction d'oliviers est d'améliorer la diversité des cultures. Ainsi, dans les divers contés de la côte, il existe quelques nouvelles plantations d'entre 15 et 30 hectares consacrées à différentes variétés ("Frantoio", "Lechin", "Maurino", "Pendolino", "Coratina", "Arbéquina", "Aglандаu", "Picual", etc.). Mais leur développement s'est vu limité par les prix des terrains, les coûts de main d'oeuvre des collecteurs et la demande de terres destinées aux vignobles (Med Agri, 2005).

7.3-Présentation des variétés introduites en Tunisie

7.3.1- Les variétés Arbéquina et Arbéquina I-18

La variété la plus importante dans le Nord-Est de l'Espagne et en Catalogne est l'Arbequina (Barranco, 1995). Elle est cultivée sur 73.300 hectares, principalement dans les provinces de Lleida (72 %), de Tarragone (25 %) et de Barcelone (3 %). On pense que cette variété tire son nom du village d'Arbeca, dans la province de Lleida, où elle aurait été cultivée dès le XVI^e siècle (Tous et Romero, 1993). Cette variété est également connue sous les noms d'Arbequi ou Arbequin.

La production d'huile vierge à partir de ce cultivar oscille entre 8.000 et 10.000 tonnes réparties entre les Dénominations d'Origine Protégée (DOP), Garrigues (5.000 - 6.000 t) et Siurana (3.000 - 4.000 t). Ces huiles sont très appréciées sur le marché, aussi bien au niveau national qu'international et pour leurs caractéristiques organoleptiques excellentes (Aparicio et al., 1994). Entre 3.000 et 4.000 tonnes d'huile sont généralement exportées en Union européenne (Italie) pour être mélangées à d'autres huiles d'olive (Tous et al., 1997). Depuis

quelques années, cette variété est également cultivée dans d'autres régions espagnoles (en Andalousie et en Aragon) et à l'étranger (en Argentine et en France).

La répartition des zones de culture de la variété Arbéquina se présente comme suit : 73.300 ha au niveau de la Catalogne, 9 000 ha en Aragon et 30 000 ha en Andalousie. En dehors de l'Espagne, on la trouve principalement en Argentine avec 20.000 ha ; introduite en Tunisie, elle est plantée sous un système de haute densité avec irrigation en goutte à goutte. L'utilisation de cette variété d'olive est principalement la production d'huile.

L'Arbéquina est une variété qui présente un grand intérêt en raison des bonnes caractéristiques de ses huiles vierges et de son comportement agronomique. Il s'agit d'un arbre rustique qui donne une productivité élevée, une entrée rapide en fructification, une alternance faible et une vigueur réduite qui permet d'augmenter les densités de plantation. Il s'adapte à des terrains pauvres et est résistant au froid. Il est autofertile. Ses fruits ont une maturation échelonnée et sont de petite taille, de forme sphérique et se présentent en grappes (Tous et Romero, 1993). Bien que le rapport entre la « résistance au détachement » et le « poids du fruit » soit moyen, le port étalé de l'arbre rend difficile la récolte mécanisée.

Eu égard aux caractéristiques excellentes de ce cultivar et à la variabilité observée dans les plantations traditionnelles, conséquence probable des différents systèmes de multiplication utilisés dans ces plantations (souchet, greffe, semis), l'IRTA a entrepris dès 1986 la sélection clonale de la variété Arbéquina en Catalogne. Dans un premier temps, 109 arbres présentant des caractéristiques intéressantes ont été marqués.

Après quatre ans d'études sur le terrain (1987-1990), 15 têtes de clone ont été présélectionnées en raison de leurs bonnes caractéristiques de production et la régularité de leurs récoltes. Ces arbres ont été multipliés au moyen de boutures semi-ligneuses et ont été plantés en 1992 (Tous et Romero, 1993). Après six ans de recherche, quelques différences ont déjà pu être observées, statistiquement significatives, entre certains clones d'Arbequina (Tous et al., 1998).

Au printemps 1998, l'IRTA a décidé de commencer à diffuser dans le commerce, à travers des accords avec différentes entités pépiniéristes, le clone présentant le plus d'intérêt jusqu'alors, sous la dénomination «IRTA-i 18».

- Les caractéristiques végétatives (volume de la frondaison, m³ / ha):
 - Frondaison IRTA- i:18: a atteint les 9000 m³/ha,
 - Frondaison Arbéquina standard: a atteint les 6000 m³/ha.

- Les productions accumulées des 6 premières récoltes (kg/ha, densité de 370 arbres/ha période 1993-1998 sont de :

- 8.290 Kg/ha pour IRTA- i:18,
- 7.039 Kg/ha pour Arbéquina standard.

- Le rapport Pulpe/noyau est bien supérieur pour le IRTA- i:18 avec 4.15 alors que celui du standard 4.0.

- La composition chimique et les caractéristiques sensorielles de l'huile vierge, le clone i:18 présente des caractéristiques similaires à celles du type standard étudié ainsi qu'à celles d'autres huiles commerciales à partir de la variété Arbéquina avec des taux élevés en acide oléique (C18:1) et relativement bas en acide palmitique (C16:0) et linoléique (C18:2).

- L'état sanitaire du clone Arbequina «IRTA-i: 18», il convient de préciser qu'au printemps des années 1996 et 1997, un contrôle sanitaire (Test ELISA-DAS) a été réalisé pour détecter différentes viroses: CMV (Cucumis mosaic virus), Ar MV (Arabic mosaic virus), SLRV (Strawberry latent ringspot virus) et CLRV (Cherry leaf roll virus). Les résultats de tous les échantillons analysés ont été négatifs. Des contrôles visuels ont également été effectués, aucun symptôme n'a été observé sur la feuille ou sur le fruit qui permette de suspecter l'existence de quelque agent infectieux.

Jesus et al. (2001) ont mené un essai en deux années 1998 et 1999 sur des oliviers de la variété Arbéquina, de 5 années, plantés sur un sol argileux dans la région EL-Sergria (Catalogne-Espagne) avec un système d'implantation ayant une densité de 6x4 m réservant ainsi 24 m² par arbre soit 417 arbres /ha, la pluviométrie annuelle a varié de 316 à 427 mm pour les deux années consécutives. Ce dispositif a été installé pour estimer les besoins en eau d'irrigation par la soustraction des quantités de pluie.

La stratégie des irrigations n'a pas affecté les indices de qualité utilisés pour le classement des huiles au niveau commercial. Les données ont suivi un modèle linéaire, avec une relation linéaire fortement significative entre la quantité d'eau appliquée et le contenu de polyphénol dans l'huile. Plus la quantité d'eau d'irrigation appliquée augmente, plus le niveau des polyphénols décroît.

L'indice d'amertume (K225) et la stabilité des huiles ont suivi la même tendance que celle des polyphénols. La quantité de pigments (les caroténoïdes et les chlorophylles) dans les huiles diminue quand la quantité d'eau d'irrigation augmente. Par ailleurs, aucune relation apparente n'a été trouvée pour l' α -tocophérole et les acides gras des huiles avec les différents traitements d'irrigation.

7.3.2- La variété Arbosana

Il s'agit d'une variété espagnole productive ayant une capacité rhizogène très faible et un grand pouvoir d'adaptation. L'entrée en production de la variété Arbosana est tardive, son époque de floraison est moyenne et les fleurs s'insèrent directement dans le rachis principal. Elle présente une productivité élevée et alternante. La maturation des fruits est tardive et échelonnée (COI, 1999).

7.3.3- La variété Koroneiki

La variété Koroneiki (avec des synonymes: Koroni, Kritikia, Ladolia, Psylolia), occupe 50 à 60 % de la superficie oléicole de la Grèce, essentiellement exploitée pour la production d'huile, elle est largement diffusée dans les régions suivantes: Péloponnèse, Zakynthos, Samos et principalement en Crète (où la proportion de terre cultivée occupée par les oliviers est de 61,2% alors qu'elle n'est que de 2 à 3% au Nord de la Grèce). Cette variété apporte 80% de la production oléicole totale de l'Ile de Crète (Grèce) où la production moyenne annuelle de l'huile est chiffrée à quelque 100.000 tonnes (Papageorgiu, 1995).

Cette variété entre tôt en production et ses arbres fleurissent précocement. La maturation de ces fruits est précoce à moyenne, sa productivité est élevée et constante. Il s'agit d'une variété qui présente l'avantage d'avoir un rendement en huile élevé, une composition acide révélant un taux assez élevé en acide oléique et des taux assez bas en acides linoléique et palmitique, ce qui la rend très appréciée.

7.3.4- La variété Pendolino

Cette variété s'adapte facilement à différentes conditions pédoclimatiques et environnementales. Sa capacité rhizogène est élevée. Ses arbres entrent tôt en production. Sa floraison est abondante, précoce et assez prolongée dans le temps, caractéristiques qui en font un bon pollinisateur. C'est une variété autoincompatible. Ses fleurs présentent un pourcentage réduit d'avortement ovarien. Sa productivité est élevée et constante. Son époque de maturation est moyenne. Ses fleurs font preuve d'une faible résistance au détachement. Elle est sensible à la tuberculose, à l'oeil de paon et au noire de l'olive. Elle tolère bien les basses températures et est assez résistante aux attaques de la mouche de l'olive (COI, 1999).

7.3.5- La variété Santa Caterina

Il s'agit d'une variété rustique qui s'adapte à des sols frais de colline. Elle est caractérisée par le développement considérable de sa frondaison qui a tendance à s'étendre en largeur. Sa capacité rhizogène est moyenne. Elle entre tôt en production. Son époque de floraison est moyenne et ses fleurs présentent un pourcentage d'avortement ovarien d'environ 60%. Elle est autoincompatible. Sa productivité est élevée et constante. Ses fruits

présentent une résistance moyenne au détachement. Ils sont particulièrement adéquats pour la confiserie en vert et pour leur rapport pulpe/noyau élevé. Leur rendement en huile est réduit et leur pulpe se sépare facilement du noyau. Elle résiste bien aux basses températures hivernales. Dans la littérature, les indications sur la tolérance à l'oeil de paon sont contradictoires : pour certains auteurs, cette variété y serait sensible alors que d'autres affirment qu'elle est résistante à cette maladie. Elle est susceptible à la tuberculose (COI, 1999).

7.3.6- La variété Mignolo

La variété Mignolo (avec des synonymes: Mignola, Minuto, Prugnolo) est cultivée principalement dans la province de Florence et largement diffusée dans toute la Toscane. Elle se caractérise par une maturation échelonnée. Sa floraison est abondante, tardive et assez prolongée dans le temps, caractéristiques qui en font un bon pollinisateur. C'est une variété autoincompatible. Ses fleurs présentent un pourcentage réduit d'avortement ovarien. Sa productivité est peu élevée et constante. Ses fleurs font preuve d'une faible résistance au détachement. Elle est sensible à la tuberculose, à l'oeil de paon. Elle tolère peu les basses températures et elle est assez résistante aux attaques de la mouche de l'olive (Baldini, 1953).

7.4- Les variétés autochtones

7.4.1- La variété chétoui

La variété Chétoui est la principale variété du Nord et constitue aussi la deuxième principale variété d'olivier à huile en Tunisie, après la Chemlali. Elle contribue à hauteur de 20 % dans la production nationale et produit une huile fruitée et peu figeable, très appréciée pour son goût et ses caractéristiques organoleptiques. Cette variété a une large distribution qui laisse suggérer qu'elle est capable de s'adapter à des conditions édaphoclimatiques très diverses. En effet, elle s'installe aussi bien dans les plaines que dans les régions montagneuses. Elle est présente de Tabarka à Bizerte et de Zaghouan à Ghardimaou. Elle constitue le fond des olivettes des régions de Tunis, Soliman, Tebourba, Mateur, le Kef, Teboursouk, Siliana, etc.,... où elle est parfois mélangée avec d'autres variétés à huile ou de table. Elle présente de ce fait, une grande variabilité phénotypique surtout en ce qui concerne les fruits tant de point de vue taille, forme que couleur (Ben Temime, 2002).

7.4.2- La variété Chemlali

La variété Chemlali est la principale variété à huile de l'olivieraie tunisienne dont les qualités intrinsèques : vigueur, productivité et taux d'huile de ses petits fruits ont été à l'origine de son extension (Trigui et Msallem, 1995). Elle occupe près de 85% de la superficie réservée à l'oléiculture et contribue pour plus de 80% à la production nationale d'huile d'olive. En effet, cette variété

s'installe aussi bien dans les plaines que dans les régions montagneuses et montre par conséquent une grande capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques très diverses. De ce fait, elle présente une grande variabilité phénotypique surtout en ce qui concerne les fruits tant de point de vue taille, forme que couleur (Abaza, 2001).

8 - L'HUILE D'OLIVE

8.1-Les différentes catégories d'huile d'olive

Parmi les huiles d'olive on distingue différentes catégories qui sont rappelées dans le Tableau 6 (définition du Conseil Oléicole International).

8.2- Composition chimique de l'huile d'olive

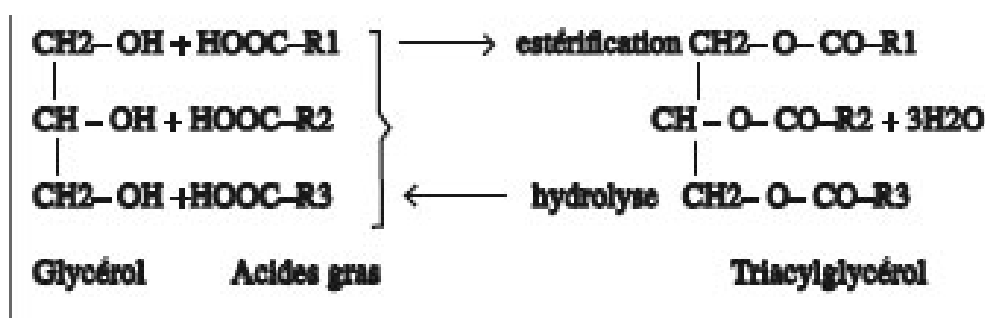
8.2.1- Les substances saponifiables

Elles sont constituées généralement de 98 à 99 % d'acylglycérols (combinaison de glycérol et d'acides gras) de 1 à 2 % d'acides gras libres ainsi que de composés mineurs de nature glycéridique tels que : les cires, les mono et les diacylglycérols et les phospholipides (Ryan et al., 1998 ; Ollivier et al., 2000).

8.2.1.1. Les composés majeurs

Ce sont les triacylglycérols (TAG) qui forment plus de 98% de l'huile d'olive. Il s'agit de glycérolipides constitués d'une combinaison d'acides gras et d'un trialcool, le glycérol (Ollivier et al., 2000).

Les triacylglycérols sont biosynthétisés dans les organismes selon le schéma réactionnel global suivant :



1. Huile d'olive vierge.	1.1 Huile d'olive vierge propre à la consommation.	1.1.1 Huile d'olive vierge extra.	Acidité oléique inférieure ou égale à 1% et/ou note au test organoleptique supérieure ou égale à 6,5.
		1.1.2 Huile d'olive vierge (fine).	Acidité oléique inférieure ou égale à 2% et/ou note au test organoleptique supérieure ou égale à 5,5.
		1.1.3 Huile d'olive vierge courante.	Acidité oléique inférieure ou égale à 3,3% et/ou note au test organoleptique supérieure ou égale à 3,5.
	1.2 Huile d'olive vierge lampante.	Acidité oléique supérieure à 3,3% et/ou note au test organoleptique inférieure à 3,5.	
2. Huile d'olive raffinée.			Huile obtenue à partir d'huile d'olive vierge par des méthodes de raffinage qui n'altèrent pas la structure de l'huile.
3. Huile d'olive.			Mélange d'huile raffinée et d'huile vierge pour la consommation.
4. Huile de grignons d'olive	4.1 Huile de grignons d'olive brute		Huile obtenue à partir des grignons à des fins de consommation.
	4.2 Huile de grignons d'olive raffinée		Huile obtenue par extraction de l'huile brute sans altérer la structure de l'huile
	4.3 Huile de grignons d'olive		Huile obtenue par mélange des huiles brutes et raffinées

Tableau 6 : Les différentes catégories de l'huile d'olive.

8.2.1.1.1- Les acides gras

Les acides gras sont des acides carboxyliques caractérisés par une répétition de groupement CH₂ formant une chaîne carbonée qui leur confère le caractère hydrophobe.

Les acides gras diffèrent entre eux par le type de liaisons réunissant leurs atomes de carbones. On les classe en :

* Acides gras saturés : chaîne carbonée contenant que de simples liaisons carbone-carbone (les autres sites des atomes de carbones sont saturés par des atomes d'hydrogène).

*Acides gras insaturés :

- Acides gras monoinsaturés : chaîne carbonée contenant une seule double liaison.

- Acides gras polyinsaturés : chaîne carbonée contenant plusieurs double liaisons.

Les principaux acides gras qui forment les triacylglycérols de l'huile d'olive sont les acides oléique (C18:1), palmitique (C16:0), linoléique (C18:2), stéarique (C18:0) et palmitoléique (C16:1). Les acides gras mineurs sont les acides linoléique (C18:3), arachidique (C20:0), béhénique (C22:0), lignocérique (C24:0) et eicosénoïque (C20:1). On trouve également de faibles quantités d'acide heptadécanoïque (C17:0) et heptadécénoïque (C17:1) (Kiritsakis, 1990; Fedeli, 1997).

La composition quantitative des acides gras de l'huile d'olive peut présenter des variations considérables en fonction de nombreux facteurs tels que les facteurs génétiques (cultivar) et pédoclimatiques (sol et climat) ainsi que d'autres paramètres (techniques culturales, irrigation, degré de maturité, méthodes d'extraction et conditions de stockage des olives avant trituration) (Kiritsakis, 1990 ; Boskou, 1996; Koutsaftakis et al., 2000 a et b).

8.2.1.1.2- Les triacylglycérols

Les triacylglycérols (TAG) sont constitués de trois chaînes d'acides gras estérifiés à un squelette glycérol.

Les acides gras sont disposés dans les triacylglycérols de l'huile d'olive conformément à la règle de distribution 1,3-aléatoire-2-aléatoire, selon laquelle les acides gras saturés occupent les positions qui correspondent aux hydroxyles primaires du glycérol (1 et 3 sont considérés comme équivalents), alors que les acides gras insaturés non seulement occupent les positions primaires restantes, mais estérifient également les hydroxyles en position 2. Dans l'huile d'olive 98 – 99% des acides oléique (C18 :1) et linoléique (C18 :2) sont estérifiés en position 2 du glycérol alors que le contenu en acides gras saturés dans cette position n'est pas supérieur à 2% (Boussenaadj, 1995 ; Mordret, 1999).

Ce phénomène de distribution des acides gras a des conséquences analytiques importantes sur la nature des triacylglycérols de l'huile. On distingue ainsi diverses classes de triacylglycérols en fonction de leur ECN (nombre de carbone équivalent) (Cortesi, 1993 ; Fedeli, 1997; Ollivier et al., 2000).

L'ECN est calculé à partir des acides gras constitutifs selon la formule :

$$ECN = NP = NC - 2 \times NL$$

Avec :

ECN = nombre de carbone équivalent.

NP = nombre de partition.

NC = nombre total de carbone des trois acides gras du TAG.

NL = nombre total des doubles liaisons des trois acides gras du TAG.

Les triacylglycérols trisaturés (avec 3 acides gras saturés) et triinsaturés (avec 3 acides gras polyinsaturés) sont absents dans l'huile d'olive. On a pu distinguer essentiellement 17 espèces moléculaires de TAG. Les plus importantes sont la trioléine (OOO; 40-60%), la dioléopalmitine (POO; 10-20%), la dioléolinoléine (OOL; 10-20%), la palmitooléolinoléine (POL; 5-7%) et la dioléostéarine (SOO; 3-7%), les autres espèces moléculaires sont mineures (Kiritsakis, 1990; Boskou, 1996).

8.2.1.2- Les composés mineurs de nature glycéridique

Parmi les composés mineurs de nature glycéridique, on distingue les acylglycérols partiels qui sont les monoacylglycérols (MAG) et les diacylglycérols (DAG). Ils peuvent dériver en partie de l'hydrolyse de nature enzymatique dans le fruit et en partie vraisemblablement d'une biosynthèse incomplète dans le processus de formation des triacylglycérols (Cortesi, 1993 ; Fedeli, 1997).

Les diacylglycérols forment la fraction la plus importante des acylglycérols partiels. Leur estimation permet d'apprécier la qualité de l'huile.

En effet, la quantité globale de diacylglycérols est plus élevée dans les huiles de mauvaise qualité résultant d'un mauvais procédé d'élaboration ou d'utilisation d'olives de qualité médiocre. Ils sont le signe de la dégradation hydrolytique de l'huile. Leur concentration est donc liée à l'acidité libre (Cert et al., 1999). Il a été démontré que l'hydrolyse non spécifique est à l'origine de la formation de la plupart des diacylglycérols. Il y a seulement 10 % des diacylglycérols qui sont formés par biosynthèse (Cortesi, 1993).

Parmi les composants glycéridiques mineurs, il y a aussi les acides gras libres (AGL) qui jouent un rôle important

dans la caractérisation sensorielle de l'huile. Ils sont le produit de l'hydrolyse des acylglycérols par la lipase. L'activité lipasique peut avoir lieu dans les olives de qualité médiocre ou au cours du processus d'élaboration de l'huile, qui donne à l'huile d'olive un arôme et un goût désagréables (Puchades et al., 1994).

On signale également comme composés mineurs de l'huile d'olive, les phospholipides et les glycolipides qui sont des constituants des membranes cellulaires. Ils sont présents en très faible quantité dans l'huile d'olive par rapport aux huiles des graines (40 à 135 ppm) (Fedeli, 1997 ; Ryan et al., 1998).

8.2.2- Les substances insaponifiables

C'est l'ensemble des constituants insolubles dans l'eau et non susceptible d'être modifiés par la réaction de saponification en donnant un sel (Norme AFNOR T 73000). Ils sont constitués d'un mélange complexe de composés appartenant à des familles chimiques diverses (Mariani et Fedeli, 1993).

Ils jouent un grand rôle dans l'arôme de l'huile d'olive et contribuent à l'établissement d'un diagnostic de pureté ou de qualité.

En effet, les constituants mineurs de l'huile d'olive sont des indicateurs de son authenticité et lui attribuent ses propriétés sensorielles et biologiques (Harwood et Aparicio, 2000).

On distingue principalement les composés suivants : les hydrocarbures, les alcools, les stérols, les phénols, les tocophérols, les pigments et les composés aromatiques (Ollivier et al., 2000).

8.2.2.1. Les hydrocarbures

Les hydrocarbures linéaires ou polycycliques sont les constituants majeurs de la fraction insaponifiable, ils y représentent plus de 40%. Les plus abondants étant le squalène (C₃₀H₅₀) (figure 9) (Viola et Audisio, 1987). C'est un triterpène qui apparaît dans la voie de biosynthèse du cholestérol. Une quantité d'un kg d'huile d'olive vierge extra contient de 200 à 700 mg de squalène, alors que l'huile d'olive raffinée en contient 25% de moins (Boskou, 1996 ; Owen et al., 2000).

L'huile d'olive vierge contient également d'autres substances de nature terpénique. Ces dernières sont d'importants composants de l'épicarpe du fruit (Cert et al., 1999). La concentration des hydrocarbures terpéniques dans l'huile d'olive vierge est variable selon la variété, le degré de maturité, la méthode de cueillette des olives, le système technologique utilisé pour l'extraction de l'huile ainsi que d'autres facteurs (Perrin, 1992 ; Caselli et al., 1993 ; Fedeli, 1993, 1997 ; Kiritsakis et al., 1998 ; Koutsaftakis et al., 2000 a et b).

8.2.2.2- Les alcools triterpéniques

L'huile d'olive renferme une quantité non négligeable d'alcools triterpéniques dont la teneur varie entre 100 et 150 mg dans 100 g. Les alcools triterpéniques ont en commun une fonction alcool au niveau du carbone 3. Les terpènes sont des composés très proches des stéroïdes puisqu'ils dérivent d'un précurseur commun : l'isoprène. On distingue :

- les alcools triterpéniques pentacycliques qui sont spécifiques des végétaux et qui comportent 4 cycles hexagonaux et un cinquième pentagonal ou hexagonal.
- les alcools triterpéniques tétracycliques comportant trois cycles hexagonaux et un quatrième pentagonal. Ce sont les précurseurs biosynthétiques des stérols.

Le 24-méthylène-cycloarténol et le β -amirine sont les principaux constituants de cette famille. Ils sont présents sous forme de quelques mg/kg d'huile d'olive.

L'huile d'olive contient également l'érythrodiol et l'uvaol deux diols triterpéniques dont la quantité ne dépasse pas 20 mg/100 g d'huile et dont l'analyse est associée à celle des stérols (Fedeli, 1977 ; Ryan et al., 1998).

Ces deux composés sont utilisés comme indicateur de pureté de l'huile d'olive (contrôle de fraude). En effet, l'huile d'olive vierge possède une teneur moins importante en érythrodiol que celle des grignons d'olive (Amelotti et Morchio, 1985).

8.2.2.3- Les stérols

Les stérols font partie des constituants caractéristiques des huiles et des graisses, ils représentent une proportion substantielle de la fraction insaponifiable dont ils constituent environ 30 à 60 % (Farines et Soulier, 1988).

De point de vue structural, les stérols forment une vaste famille chimique de molécules naturelles qui regroupe des alcools tétracycliques comportant jusqu'à 29 atomes de carbone. La structure des stérols est caractérisée par :

- un noyau cyclopentano-perhydrophénanthrène,
- un groupement hydroxyle en C3 (alcools secondaires) estérifiée généralement par un acide gras,
- une double liaison en position 5 ou / et 7,
- une chaîne latérale en position 17 R,
- deux groupements méthyles en C10 et C13.

Les plantes contiennent un mélange complexe de stérols appelés également phytostérols. La différence entre ces composés réside principalement dans la structure de la chaîne latérale R (alkylation du carbone en C24, déshydrogénation en C22 ou C25) (Farines et Soulier, 1988).

Les stérols sont présents dans l'huile d'olive sous forme libre et/ou estérifiée avec des acides gras. La fraction stérolique totale représente 100 à 300 mg pour 100 g d'huile (Morchio et al., 1987 ; Grob et al., 1990; Fedeli, 1997) et elle varie proportionnellement avec la teneur en acides gras de l'huile (Itoch, 1981).

Les principaux stérols de l'huile d'olive sont le bêta-sitostérol (70 à 90 % du total) ; le Δ -5-avénastérol (5 à 20 %), le campestérol (1 à 5 %) et le stigmastérol (0,5 à 2 %).

Nombreux autres stérols sont également présents dans l'huile d'olive en très petites quantités, à savoir le cholestérol, le campestanol, le Δ -7-campesterol, le clérostérol, le Δ -5 avénastérol, le Δ -5-24 stigmastadiénol, le Δ -7- stigmastérol et le Δ -7- avénastérol (Caselli et al., 1993 ; De Blas et Valle Gonzalez, 1996).

Les stérols revêtent une grande importance analytique en raison de la spécificité de leur présence dans l'huile d'olive, au niveau qualitatif et quantitatif, par rapport aux autres huiles et graisses connues (Fedeli, 1997; Mordret, 1999). Leur composition permet le contrôle de l'authenticité des huiles d'olives vierges alors que leur quantification permettra de repérer les mélanges avec des huiles d'autres catégories ou avec les huiles de graine telles que les huiles de colza, de tournesol, de maïs, etc...

8.2.2.4- Les tocophérols

Les tocophérols sont des constituants importants. Ils contribuent à la remarquable stabilité et aux qualités nutritionnelles de l'huile d'olive. Ce sont des composés chimiques de nature terpénique analogues aux stéroïdes et ils se trouvent sous forme libre non estérifiée, répartis en 4 structures : α , β , γ et δ .

Dans l'huile d'olive, l' α -tocophérol, l'homologue principal de la vitamine E représente environ 95 % des tocophérols totaux. Selon Gutfinger et Letan (1974), les huiles extraites des graines d'olives sont plus riches en tocophérols que l'huile obtenue de la partie charnue des olives (290 mg/kg d'huile contre 198,6 mg/kg, respectivement). Cependant, leur contenu en γ -tocophérol est pratiquement inverse de celui des tocophérols totaux alors que le δ -tocophérol est absent.

La détermination de la teneur en tocophérols de l'huile d'olive et plus précisément celle de l' α -tocophérol peut être utilisée comme un moyen de détection de l'adultération avec les huiles de graines. La concentration en tocophérols est de l'ordre de 150 à 300 ppm (Baldioli et al., 1996 ; Angerosa et Di Giovacchino, 1996 ; Salvador et al., 2001). Elle est en général supérieure à 100 ppm dans les huiles de bonne qualité (Andrikopoulos et al., 1989 ; Perrin, 1992 ; Fedeli, 1997).

8.2.2.5- Les pigments

L'huile d'olive vierge contient deux types de pigments : les chlorophylles et les caroténoïdes.

8.2.2.5.1- Les pigments chlorophylliens

Les chlorophylles a et b se dégradent facilement en phéophytines (de couleur marron). Ce sont les chlorophylles et les phéophytines qui sont essentiellement responsables de la couleur caractéristique de l'huile d'olive (Rahmani, 1989 ; Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996 a et b).

Bien que l'analyse de la pigmentation ne soit pas exigée par la réglementation de la commission des communautés européennes, la couleur est associée, par la plupart des consommateurs, à la notion de qualité. La présence des chlorophylles dans l'huile d'olive fraîche oscille entre 1 et 20 mg/kg, dont 40 à 80% sont des phéophytines (Ranalli, 1992 ; Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996 a et b).

8.2.2.5.2- Les caroténoïdes

Ce sont des molécules terpéniques très conjuguées, ce qui explique leur forte absorption dans le visible. Les principaux caroténoïdes présents dans l'huile d'olive sont la lutéine, le β -carotène, la violaxanthine et la neoxanthine (Ranalli, 1992 ; Gandul-Rojas et Minguez-Mosquera, 1996 a et b). Les carotènes (β -carotène) et les xanthophylles (lutéine) se décomposent également au cours du stockage de l'huile, en particulier s'ils sont exposés à la lumière. Dans de telles conditions, l'huile d'olive peut devenir totalement incolore après 4 à 5 ans (Ryan et al., 1998).

8.2.2.6- Les composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent une caractéristique particulière de l'huile d'olive car ils sont quasiment absents dans la plupart des huiles végétales alimentaires (Cert, 2001). Ils font partie des antioxydants naturels les plus importants. On les trouve dans les feuilles et les fruits de l'olivier (Kiritsakis, 1998).

Bien qu'ils soient solubles dans l'eau, une partie de ces composés passe dans l'huile lors du traitement du fruit (Hartzallah et Kiritsakis, 1999 ; Sanchez et al., 1999).

Les propriétés antioxydantes et la valeur biologique de l'huile d'olive qui en résulte peuvent être attribuées en grande partie aux composés phénoliques de l'huile. En effet, l'huile d'olive vierge contient des substances phénoliques qui affectent sa saveur et sa stabilité. L'huile d'olive vierge peut être différenciée de toutes les autres huiles végétales par sa composition très particulière en phénols. Elle contient différentes classes de composés phénoliques comme les acides et les alcools phénoliques, les flavonoïdes, les secoiridoïdes et les lignanes.

La fraction phénolique est un mélange complexe qui dépend de la variété, des conditions liées à l'environnement (Moussa et Gerasopoulos, 1996), du degré de maturation du fruit à la récolte, de la zone de production (Harzallah et Kiritsakis, 1999) et de l'état d'altération que l'huile pourrait subir lors de l'extraction et de la conservation (Allogio et al., 1996 ; Kiritsakis et al., 1998; Léger, 1999; Cortesi et al., 2000).

Les principaux composés phénoliques identifiés dans l'huile d'olive sont le tyrosol (le p-hydroxyphényléthanol : p-HPEA) et l'hydroxytyrosol (3,4-dihydroxyphényléthanol : 3,4-DHPEA) qui sont des alcools phénoliques (Nergiz, 1991 ; Tsimidou et al., 1992 a et b ; Akabsi et al., 1993).

Les sécoiridoïdes constituent eux aussi le groupe de phénols les plus abondants dans l'olive, et les plus importants sont l'oleuropéine et le ligostroside qui sont respectivement les esters de l'hydroxytyrosol et le tyrosol avec le glucoside de l'acide élénolique (Kiritsakis, 1998 ; Ryan et al., 1998 ; Léger, 1999).

Durant les processus d'obtention des huiles, les β -glucosidases endogènes hydrolysent l'oleuropéine et le ligostroside en donnant lieu à deux aglycones qui grâce à des équilibres chimiques impliquant la rupture du groupement hétérocyclique engendrent deux isomères qu'on appelle respectivement forme aldéhydique de l'oleuropéine aglycone (3,4-DHPEA-EA) et forme aldéhydique du ligostroside aglycone (p-HPEA-EA) (Angerosa et al., 1995 ; Cortesi et al., 1995 ; Mateos et al., 2001).

Dans un processus similaire et à partir de la diméthyl-oleuropéine et le diméthylligostroside se forment deux aglycones qui se décarboxylent et s'isomérisent à la structure dialdéhydique qu'on appelle respectivement forme dialdéhydique de l'oleuropéine aglycone décarboxyméthylée (3,4-DHPEA-EDA) et forme dialdéhydique du ligostroside aglycone décarboxyméthylée (p-HPEA-EDA) (Angerosa et al., 1995 ; Cortesi et al., 1995 ; Mateos et al., en 2001).

De même, D'autres composés phénoliques moins importants ont été retrouvés dans l'huile d'olive, il s'agit des acides phénoliques: protocatéchique, vanillique, syringique, p-coumarique, caféique, ferrulique, sinapique et verbascoside (glucoside de l'acide caféique-glucose-ramnose-2(3,4-dihydroxyphényl) éthanol) (Léger, 1999 ; Ryan et al., 1999) et les acétates d'hydroxytyrosol (3,4-DHPEA- AC) et du tyrosol (p-HPEA-AC) (Brenes et al., 1999 ; Mateos et al., 2001)

Autres composés phénoliques minoritaires identifiés dans le fruit d'olive sont les flavonoïdes ; tel que : la luteolin-7-glucoside, l'apégénine-7-glucoside, la luteoline-5-glucoside (Macheix et al., 1990 ; Ryan et al.,

1999). La lutéoline et l'apigénine proviennent de l'hydrolyse des glucosides présents dans le pulpe au cours de processus d'extraction des huiles (Vazquez Roncero et al., 1974).

Récemment, deux composés appartenant à la famille des lignanes : le pinoresinol et le 1- acétoxy-pinoresinol ont été identifiés dans la fraction phénolique des huiles (Owen et al., 2000).

Les composés phénoliques affectent la stabilité et la saveur de l'huile d'olive et ont ainsi une incidence significative sur son arôme.

La nature du cultivar, l'indice de maturité du fruit, les conditions pédoclimatiques et la disponibilité de l'eau durant les différentes phases de développement du fruit influencent la composition phénolique des huiles d'olive (Servili et al., 2002 ; Romero et al., 2002; Gómez-Rico et al., 2006).

8.2.2.7- Les composés volatiles : les arômes

Les composants que l'on désigne sous le nom d'arômes sont des molécules organiques de faible masse moléculaire, représentant 250 à 300 mg/kg d'huile (Fedeli, 1997 ; Kiritsakis, 1998), dont la tension de vapeur à la pression atmosphérique et la température ambiante est suffisamment élevée pour que ces molécules se trouvent en partie à l'état de vapeur (Richard, 1989 ; Audrin et al., 2001) et dont l'intensité et la caractérisation sont déterminées par voie olfactive moyennant l'analyse organoleptique (Di Giovacchino, 1999).

L'huile d'olive étant une huile qui se consomme directement sans être raffinée, possède une saveur et une odeur agréables, si elle est extraite convenablement à partir des fruits frais, de bonne qualité et récoltés à un degré de maturité approprié (Fedeli, 1993). En effet, au cours du raffinage, l'huile perd la quasi-totalité des composés volatiles, responsables de l'arôme, qu'elle renferme (Boskou, 1996).

Les composés aromatiques de l'huile d'olive sont classés en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, alcools aliphatiques et triterpéniques, aldéhydes, cétones, éthers, esters et dérivés furanniques et thiophéniques (Montedoro et al. 1978 ; Morales et al., 1994 ; Angerosa et al., 1995 ; Fedeli, 1985, 1997 ; Kiritsakis, 1993, 1998).

Le taux important d'alcools, de composés carbonylés et de pentène-dimères en C5 dans l'arôme de l'huile d'olive contribuent à la formation des notes vertes de l'huile d'olive (Angerosa et al., 1998, 2000, 2004).

Ce sont les composés en C6 qui forment les principaux constituants de l'arôme de l'huile d'olive (Angerosa et al., 1998). Par ailleurs, Kiritsakis (1993) et Montedoro et al. (1978) ont rapporté que l'hexanal, le trans-2-hexène

nal, l'hexanol et le 3-methylbutanol, sont les composés volatiles majeurs de l'huile d'olive.

Les composés C6 et C5 particulièrement les aldéhydes linéaires insaturés et saturés représentent la fraction la plus importante des composés volatiles des huiles d'olive de haute qualité (Angerosa, 2004).

La plupart de ces composés sont formées par l'action des enzymes qui sont libérées quand le fruit est écrasé, et continuent à se former pendant le malaxage (Olias et al., 1993).

D'après Angerosa et al. (1998), Angerosa (2002) et Kiritsakis (1998) les huiles de bonne qualité montrent un profil aromatique composé de substances volatiles produites par la voie de la lipoxygénase. Par contre, les huiles d'olive de qualité médiocre ou de mauvaise qualité sont caractérisées par un profil plus complexe formé d'un plus grand nombre de composés volatiles. Ces derniers sont responsables des défauts d'arôme ou encore de « l'off-flavor » de l'huile d'olive et sont corrélés aux défauts sensoriels (rance, vineux-vinaigré, chômé) (Montedoro et al., 1978).

La biosynthèse des composés aromatiques s'effectue selon trois principales voies à travers (Angerosa, 2002) (figure 9):

* Le métabolisme lipidique : de nombreux composés d'arômes de fruits, mais aussi de végétaux, dérivent du métabolisme lipidique, en particulier des voies de biosynthèse et de dégradation des acides gras. La voie catabolique devient prépondérante au cours de la phase de mûrissement des fruits.

* Le métabolisme des acides aminés : la teneur en certains acides aminés diminue au fur et à mesure du mûrissement des fruits car ils servent de précurseurs pour la biosynthèse de certains composés volatiles (Wyllie, 1995).

* La biosynthèse des terpènes : un grand nombre de composés naturels de la famille des terpènes vient de la polymérisation et du remaniement d'un même précurseur l'isoprène, carbure diénique à 5 atomes de carbone (Garneau, 2001).

La biosynthèse des composés aromatiques de l'huile d'olive se fait essentiellement à travers la voie de la lipoxygénase dont les réactions se font dans le fruit suite à l'activation de différentes enzymes au cours de l'extraction de l'huile.

La voie métabolique de la lipoxygénase, voie majeure de formation des composés volatiles de l'huile d'olive, est constituée d'une suite de réactions enzymatiques qui catalyse la transformation d'acides gras polyinsaturés (acides linoléique et linoléique) et certains phospholipides contenant une structure en cis- cis-1,4 - pentadiène en une large variété de composés (figure 10).

D'après Morales et Tsimidou (2000), les composés d'arôme générés par la voie de la lipoxygénase dépendent de la variété, du degré de maturation, du processus technologique d'extraction de l'huile et de l'origine géographique des olives. La variété constitue le facteur le plus déterminant de la composition volatile car la biosynthèse de ces métabolites dépend des caractéristiques génétiques définissant les concentrations et les activités des enzymes impliquées dans la voie de la lipoxygénase.

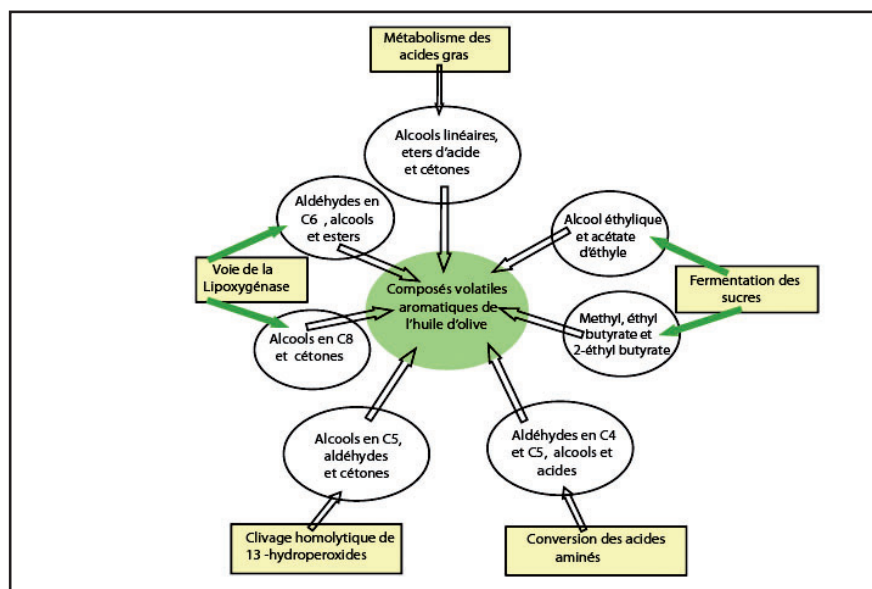


Figure 9: Principales voies impliquées dans la formation des composés volatiles aromatiques de l'huile d'olive (Angerosa, 2002).

9- FACTEURS DETERMINANT LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'HUILE D'OLIVE

Les volatiles responsables de l'arôme de l'huile d'olive (Olias et al., 1993 ; Cavalli et al., 2004).

caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive dérivent de l'action concomitante des facteurs agronomiques et des facteurs technologiques employés au cours du processus d'élaboration de l'huile (Montedoro, 1993 ; Pannelli et al., 1994).

En effet, les facteurs climatiques (la température et les précipitations), les facteurs génétiques et agronomiques et leurs interactions ont une influence sur le comportement physiologique de la plante et par conséquent, sur la qualité de l'huile produite.

9.1- Interaction des facteurs climatiques sur la maturation du fruit et la qualité de l'huile

Les facteurs climatiques affectent les stades de maturation du fruit et par voie de conséquence la composition chimique et la qualité des huiles (Aparico et al., 1994).

Pannelli et al. (1994) dans le cadre d'une étude sur les effets des conditions climatiques sur la production des olives et sur les caractéristiques des huiles ont démontré que particulièrement la pluviométrie influence la qualité de l'huile ; et les composés affectés sont les alcools ali-phatiques, les composés phénoliques et les arômes.

Par ailleurs, Uzzan, (1992) a rapporté que les huiles produites en Europe renferment des taux plus élevés en acide oléique et des taux plus bas en acide linoléique. Les huiles des zones chaudes de la méditerranée ont des valeurs réduites en acide oléique par rapport à celles du Nord de la méditerranée (Kiritsakis et al., 1985).

Les travaux rapporté par Rana et Ahmed (1981) montrent que le taux en acide oléique des huiles produites en Libye est relativement faible (43.7 %) par contre le taux en acide linoléique est plus élevé.

Selon les travaux de Deidda et al., (1994), Il n'y a pas de corrélation entre les conditions environnementales et la qualité de l'huile d'olive contrairement aux résultats trouvés par Aparicio et al. (1994). La même tendance a été trouvé dans des cultivars de montagnes et de collines de Cisjordanie par Lavee et Wonder (1995) qui ont montré aussi qu'il n'y a pas de corrélation entre la température et la qualité des huiles, alors que les travaux de Solinas (1990) ont montré que la qualité des huiles provenant des collines sont meilleures que celles provenant de la plaine.

Il apparaît qu'il y a une grande influence des systèmes de production qui affectent apparemment la qualité des huiles obtenues et touchent à trois grandes catégories:

- les caractéristiques du système de plantation des cultivars et les aspects agronomiques,
- les conditions physiques et biologiques dans lesquelles l'exploitation des oliviers prend place,
- les conditions socio – économiques.

Il est important d'identifier les principales caractéristiques qui déterminent les effets de l'environnement sur la qualité des huiles. Ainsi, de nombreux facteurs peuvent influencer la qualité de l'huile d'olive dont notamment le climat, le degré de maturité des olives, les procédés technologiques de trituration de l'huile et d'autres mais le facteur génétique ou variétal en est le plus important.

Il semble qu'il y ait une interaction entre le climat et la maturation des olives avec un effet sur la composition et la qualité de l'huile. Toutefois, l'effet du climat, bien qu'il soit illustré par certaines observations, n'est pas toujours clairement élucidé.

L'effet de l'altitude sur la qualité de l'huile reste un sujet de controverse. Cette observation est fondée sur les travaux d'Aparicio et al. (1994) et Moussa et Gerasopoulos (1996) qui ont montré qu'il y a une variation dans la composition des huiles d'olive vierges produites à partir des fruits d'oliviers plantés à des altitudes différentes essentiellement en ce qui concerne certains stérols, alcools triterpéniques et hydrocarbures. Ils ont aussi mis en évidence que les huiles obtenues à une altitude élevée (800 m) ont une plus grande stabilité à l'oxydation que les huiles obtenues à une basse altitude (100 m).

Par contre, les résultats de Osman et al. (1994) sont différents aux précédents. Les huiles produites par la variété Koroneiki cultivée à basse altitude (100 m) ont une teneur en phénols et une stabilité à l'oxydation plus élevées comparées aux huiles produites par la même variété à 400 m d'altitude.

Les taux des acides oléique et linoléique sont similaires dans les deux types d'huiles.

La maturation du fruit affecte significativement la composition de l'huile. Plusieurs travaux de recherches ont montré que la teneur en huile augmente au fur et à mesure du processus de maturation des fruits pour atteindre un plateau à la maturation complète, cette teneur reste constante pendant quelques mois (Kachouri et al., 1995; Zarrouk et al., 1996 ; Garcia et al., 1996 b). Ils ont aussi noté que les paramètres liés à l'oxydation des huiles (K-230 et K- 270) et la stabilité à l'oxydation indiquent une détérioration progressive de la qualité de ces huiles au fur et à mesure de la maturation du fruit. Ils ont observé aussi une augmentation de l'acidité des huiles et une baisse des phénols totaux.

De la même manière, plusieurs auteurs ont signalé que la teneur totale en composés phénoliques diminue au

cours du processus de maturation. La détermination d'une date optimale de récolte devrait par conséquent être recherchée pour préserver les propriétés organoleptiques de l'huile et empêcher la production d'une huile d'olive de qualité inférieure due à une récolte tardive (Parlati et al., 1994 ; Baccouri, 2003 ; Bonoli et al., 2004 ; Baccouri et al., 2008).

Il est à noter que pour conserver les caractéristiques de qualité de l'huile, les olives cueillies doivent être triturées immédiatement après la récolte, car les fruits mûrs sont très sensibles aux dégâts mécaniques et aux infections par des microorganismes et tout retard dans leur traitement peut entraîner la production d'huile de qualité inférieure (Bouskou, 1996; Ryan et al., 1998). Dans les huileries, pendant les périodes de grande affluence, le stockage des olives, avant trituration, s'impose. Les fruits doivent être conservés en couche fine dans des locaux frais et bien aérés pour ralentir le processus de détérioration de la qualité de l'huile (Garcia et al., 1996 a et b). Toutefois, plus le temps de stockage est long et plus l'acidité libre tend à augmenter, ce qui agit négativement sur la qualité organoleptique des huiles produites (Ryan et al., 1998).

Fiorino et Nizzi Grifi (1991) ont tenté de rechercher des interactions éventuelles maturation/cultivar ou maturation /milieu, dans un effort de recherche de traits ou profils de caractérisation une huile donnée. Les essais se sont déroulés en 1987/88 sur deux cultivars (Frantoio et Carolea) dans deux milieux bien distincts, alors qu'en 1988/89 ils n'ont porté que sur un seul cultivar (Frantoio) dans deux zones toscanes à 400 mètres d'altitude. Les résultats obtenus ont permis de relever des différences dans la maturation et la formation de la matière grasse. La comparaison des données sur la composition en acides gras du cultivar Frantoio à Follonica, a fait apparaître, au cours des deux campagnes consécutives, une autre source de variabilité, liée au facteur climatique, qui est de nature à exercer une influence sur les taux ou rapports des différents acides gras dans le temps, sans pour autant modifier le comportement. Quant à la fraction stérolique, des différences tenant au cultivar, à l'époque de la récolte et en moindre mesure aux facteurs agronomiques, ont également été relevées.

9.2- Influence des procédés d'extraction et de stockage sur la qualité de l'huile

Les procédés d'extraction utilisés peuvent également altérer la qualité des huiles produites si certaines règles ne sont pas observées (Di Giovacchino, 1996). Dans le cas du système super presse, l'emploi de scourtins sales ou l'usage de disques métalliques peuvent avoir des effets négatifs sur la qualité de l'huile. Dans les systèmes continus, des températures élevées peuvent altérer la qualité des huiles produites (Di Giovacchino et al., 1994).

D'après Boskou (1996) et Ryan et al., (1998), les olives cueillies doivent être triturées immédiatement après la récolte, afin de garantir la conservation des caractéristiques de qualité, car les olives mûres et tendres sont très sensibles aux altérations mécaniques et aux infections des pathogènes et tout retard dans leur traitement peut entraîner la production d'une huile d'olive d'une qualité inférieure.

Dans les huileries, pendant les périodes de grande affluence, le stockage des olives avant trituration s'impose. Les fruits doivent être conservés en couche fine dans des locaux frais et bien aérés pour ralentir le processus de détérioration de la qualité de l'huile (García et al., 1996b). Toutefois, plus le temps de stockage est long et plus l'acidité libre tend à augmenter, ce qui agit négativement sur la qualité organoleptique des huiles produites (Ryan et al., 1998).

9.3- Influence variétale sur la composition de l'huile

Le paramètre variétal joue un rôle fondamental dans la détermination de la composition de l'huile d'olive. En effet, une étude comparative sur quatre variétés d'olivier deux autochtones: (la Chétoui et la Chemlali) et deux autres introduites: (Arbéquina et Leccino) a été réalisée (Kachouri et al., 1995). Cette étude a montré que les huiles des quatre variétés ont des compositions acides distinctes. En effet, les huiles des variétés introduites sont différentes par rapport aux variétés locales.

De la même manière, Mincione et al. (1994) ont analysé les huiles de trois variétés italiennes: (Cassanese, Nocellara et Carolea). Ils ont alors observé des différences entre ces variétés. Ainsi, le taux de l'acide oléique est relativement plus bas et celui de l'acide linoléique plus élevé dans l'huile de Nocellara par rapport aux deux autres cultivars. La variété Cassanese renferme le taux d'acide palmitique le plus bas. L'acide palmitoléique, présent en faible quantité, diffère entre les trois variétés. Enfin la teneur en -5- avenastérol dans l'huile de Carolea est relativement élevée en comparaison avec les deux autres variétés.

Cert et al. (1999) ont remarqué que les concentrations de squalène, de cires stéroliques + terpéniques, et de stérols sont supérieures dans les huiles obtenues de la variété Hojiblanca par rapport aux huiles de la variété Picual. En revanche, l'olive Picual donne en général des huiles présentant une teneur élevée en composés phénoliques.

Sánchez Casas et al. (1999) ont comparé la production d'huile de quatre variétés d'oliviers cultivées en Estramadure (Espagne): (Cacerena, Carrasquena, Verdial de Badajoz et Morisca). Ces auteurs ont observé que le rendement en huile exprimé par rapport à la matière sèche, est le plus faible chez Cacerena (34%); la variété Morisca présente le rendement le plus élevé en huile (51%), tan-

dis que les deux autres variétés Carrasquena et Verdial de Badajoz présentent des valeurs intermédiaires respectivement 46 et 47 %. La composition en acides gras de quatre variétés est également différente, en effet, la Cacerena est plus riche en acide oléique (83.1 %) suivie de près par Carrasquena (79.1%) et par Verdial de Badajoz (76.1%). La variété Morisca présente le taux le plus bas (69.47%). Les variétés Cacerena, Carrasquena, Verdial de Badajoz sont caractérisées par leur faible contenu en acides palmitique et linoléique, alors que la variété Morisca présente un contenu élevé en acide linoléique, supérieur à 10%. Selon Solinas (1990), pour une meilleure conservation de la qualité du produit, il convient que les huiles d'olive ne contiennent pas plus que 10% d'acide linoléique, car cet acide gras est le principal responsable du vieillissement chimique de l'huile.

L'interaction cultivar-environnement joue aussi un rôle important dans la détermination de la qualité de l'huile. Tous et Romèro (1994) ont étudié les caractéristiques qualitatives de quatre types de variétés d'olivier plantées dans différentes oliveraies de Catalogne (zone oléicole espagnole). Trois cultivars ont réagi de manière distincte dans différents environnements. Leurs huiles respectives montraient des différences importantes dans leur composition en acides gras et leur stabilité oxydative.

Ces auteurs ont donc conclu que la composition en acides gras et la stabilité de l'huile d'olive variaient en fonction du cultivar et du lieu de plantation. L'effet de l'environnement sur les caractéristiques de l'huile et du fruit est moins systématique.

Ces exemples que nous venons de citer et bien d'autres illustrent l'influence du cultivar sur les caractéristiques de l'huile d'olive (Abaza, 2001 ; Ben Temime et al., 2004, 2006 ; Allalout et al., 2009).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abaza L., 2001. Evaluation biochimique des huiles de sept variétés d'olivier cultivées en Tunisie. Mémoire de DEA, Univ. Tunis II, Fac. Des Sc., 92p.

Akabsi M., Shoeman D.W. & Csallany A.S., 1993. High performance liquid chromatography of selected phenolic compound in olive oil, J. Am. Oil Chem. Soc., **70**, 367-370.

Allalout A., 2003. Evaluation biochimique de quatre variétés d'olivier introduites en Tunisie. Mémoire de DEA, Univ. Tunis II, Fac. des Sc., 96p.

Allalout A., Krichène D., Methenni K., Taamalli A., Oueslati I., Daoud D. & Zarrouk M., 2009. Characterization of virgin olive oil from Super Intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. Scientia Horticulturae, **120**, 77-83.

Allalout A., Krichène D., Methenni K., Taamalli A., Daoud D. & Zarrouk M., 2010. Behaviour of Super-intensive Spanish and Greek olive cultivars grown in Northern Tunisia. J. Food Bio-Chem.

Alloggio A., Caponio F., & De Leonardis T., 1996. Influenza della tecniche di preparazione della pasta di olive sulla qualità dell'olio. Nota I. Profilo quali-quantitativo delle sostanze fenoliche, mediante HPLV, in olio d'oliva vergine della cv Ogliarola Salentina. Riv. Ital. Sost. Grasse, **73**, 355-360.

Amelotti G. & Morchio G., 1985. Composizione sterolica dell'olio di oliva di pressione della Provincia di Lumeria. Riv. Ital. Sostanze Grasse, **55**, 107.

Andrikopoulos N., Hassapidou M. & Manoukas A., 1989. The tocopherol content of Greek olive oils. J. Sci. Food Agric., **46**, 503-509.

Angerosa F., Di Giacinto L., Basti C. & De Mattia G., 1995. Caratterizzazione del difetto di "cascola". Riv. Ital. Sost. Grasse, **72**, 61-65.

Angerosa F. & Di Giovacchino L., 1996. Natural antioxidants of virgin oil obtained by two and tri-phases centrifugal decanters. Grasas aceites, **47** (4), 247-254.

Angerosa F., D'Alessandro N., Basti C. & Vito R., 1998. Biogeneration of volatile compounds in virgin olive oil: their evolution in relation to malaxation time. J. Agric. Food Chem., **46**, 2940-2944.

Angerosa F., Mostallino R., Basti C., Vito R. & Serraiocco A., 2000. Virgin olive oil differentiation in relation to extraction methodologies. Journal of the Science of Food and Agriculture, **80**, 2190-2195.

Angerosa F., 2002. Influence of volatile compounds on virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. Eur. J. Lipid Sci. Technol., **104**, 639-660.

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

Aparicio R., Ferrero L. & Alonso V., 1994. Effect of climate on the chemical composition of virgin olive oil. Anal. Chem. Acta, **292**, 235 - 241.

Argenson, C.C., Regis, S., Jourdain, J.M., & Vaysse, P. 1999. Oléagineux Corps gras Lipids, **6**, 80-83.

Audrin A., Loliger J., Bauer W., 2001. Arôme et colorant. In: Sciences alimentaires II. Université de Lausanne. p95.

Baccouri B., 2003. Lipogénèse et caractérisation des huiles des descendants issus de croisements dirigés sur l'olivier de table CV Meski. Mémoire de DEA. Univ. Tunis II. Fac. Des SC. 70p.

Baccouri O., Guerfel M., Baccouri B., Cerratini L., Bendini A., Lercker G., Zarrouk M. & Ben Miled D.D., 2008. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, **109**, 743-754.

Baldini E., 1953. Contributo allo studio delle razze di olivo coltivate in Toscana. I. Indagini condotte in provincia di Firenze. *Ann. Sper. Agr.*, **7**, 1675-1700.

Baldioli M., Servili M., Perretti G. & Montedoro G.F., 1996. Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **73**, 1589-1593.

Ben Mimoun M., 2002. La gestion de la fertilisation potassique en arboriculture fruitière. Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspective de la recherche.

Ben Temime S., 2002. Etude de la composition, de l'huile d'olive de la variété chétoui en fonction du site géographique. Mémoire de DEA, Fac.des Sci. de Tunis, Univ. Tunis II 101p.

Ben Temime S., Abaza L., Ben Youssef N., Taamalli W., Msalem M., Daoud D., & Zarrouk M., 2004. Etude de la composition de l'huile d'olive de la variété Chétoui en fonction du site géographique. *la Rivista Italiana Delle Sostanza Grasse*, Vol. LXXXI, 277-283.

Ben Temime S., Campeol E., Cioni P. L., Daoud D., & Zarrouk M., 2006. Volatile compounds from Chétoui virgin olive oil and variations induced by growing area. *Food Chemistry*, **99**, 315-325.

Berrichi M., 2006. L'oléiculture nationale. Situation actuelle et perspectives de développement. IV salon international de l'olivier « OLEA 2006 » : L'oléiculture : Levier du développement agricole Marrakech ; 25-28, Mai 2006.

Bonoli M., Bendini A., Cerretani L., Lercker G., Gallina Toschi T., 2004. Qualitative and semiquantitative analysis of phenolic compounds in extra virgin olive oils as a function of the ripening degree of olive fruits by different analytical techniques. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 7026-7032.

Boskou D., 1996. Olive Oil ; Chemistry and Technology. American Oil Chemist's Society. Press : champaign, IL, USA, pp. 52-83.

Boulouha B., 2006. L'amélioration variétale de l'olivier au Maroc. IV salon international de l'olivier « OLEA 2006 » : L'oléiculture : Levier du développement agricole Marrakech ; 25-28, Mai 2006.

Boussenadji R., 1995. Contribution à la connaissance analytique de l'huile d'olive algérienne. *Olivae*, **57**, 50-53.

Brenes M., García A., García P., Rios J. J. & Garrido A., 1999. Phenolic compounds in spanish olive oil. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 3535-3540.

C.N.E.A./ Cabinet GRESSARD (bureau d'étude), 1999. «Etude de la commercialisation de l'huile d'olive tunisienne». Ministère de l'Agriculture, 121p

Caselli S., Modi G., Nizzi Griffi F. & Fiorino P., 1993. Variabilité de la composition en acides gras, en stérols et en alcools de l'huile d'olive de cultivars de la Toscane. *Olivae*, **47**, 46-50.

Cavalli J. F., Fernandez X., Lizzani-Cuvelier L., & Loiseau A. M., 2004. Characterization of volatile compounds of Fresh and Spanish virgin olive oils by HS-SPME: identification of quality freshness markers. *Food Chemistry*, **88**, 151-157.

Cert A., Alba J. & Camino P., 1999. Influence des systèmes d'extractions sur les caractéristiques et les composés mineurs de l'huile d'olive vierge extra. *Olivae*, **79**, 41 - 50.

Cert A., 2001. Determination of phenols, flavones and lignans in virgin olive oils by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with diode array ultraviolet detection. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 2185-2192.

COI, 1999. Conseil Oléicole International Madrid, Catalogue Mondial des variétés d'olivier, 1999.

COI, 2000. Conseil Oléicole International., Catalogue Mondial des Variétés d'Olivier. Madrid, Espagne, 360p.

COI, 2005. Source: Secrétariat de la CNUCED, d'après des données du Conseil Oléicole International.

Cortesi N., 1993. La chromatographie liquide haute performance (HPLC) dans l'analyse de l'huile. *Olivae*, **45**, 40 - 45.

Cortesi N., Azzolini M., Rovellini P. & Fedeli E., 1995. Minor polar components of virgin olive oils. A hypothetical structure by LC-MS. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*. **72**, 241-251.

Cortesi N., Fiorino P., & Ponzetti A., 2000. La composition de l'huile d'olive : rapport entre cultivar et systèmes d'extraction. *Olivae*, **81**, 40-45.

De Blas O.J. & Valle Gonzalez A., 1996. Determination of sterols by capillary gaz chromatography. Differentiation among different types of olive oil: virgin refined and solvent-extracted. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **73** (12), 1685-1689.

Deidda P., Nieddu G., Spano D., Bandino G., Orru V., Solinas M. & Serraiocco A., 1994. Olive quality in relation to environmental conditions. *Acta Hort.*, **356**, 354 - 357.

Denis J. F., 1998. L'irrigation. *Nouvel olivier*, **3**, 16 -19

Di Giovacchino L., Solinas M. & Miccoli M., 1994. Effet of extraction systems on the quality of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **71** (11), 1189 -1194.

Di Giovacchino L., 1996. Influence of extraction systems on olive oil quality. *Olivae*, **63**, 52 - 63.

Di Giovacchino L., 1999. Technologies d'élaboration de l'huile d'olive : Opérations préliminaires et préparation de la pâte. Séminaire International sur les Innovations scientifiques et leur application en oléiculture et oléotechnie , pp. 1-39.

FAO, 2005. Statistiques de la FAO pour l'oléiculture en 2005; http://fr.wikipedia.org/wiki/Olivier_europ%C3%A9en.

Fedeli E., 1985. Flavor chemistry of olive oil. 76th Am. Oil Chem. Soc., Annual meeting, Filadelfia, PA.

Fedeli E., 1993. La technologie de l'huile d'olive. *Olivae*, **45**, 20-23.

Fedeli E., 1997. Technologie de production et de conservation de l'huile. In «Encyclopédie Mondiale de l'Olivier», Conseil Oléicole International, Madrid (Espagne), 251 – 291.

Ferguson L., Sibbet S. & Martin G., 1994. Olive Production Manual, University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, CA, Publication 3353, 160.

Fiorino P & Nizzi Grifi F., 1991. Maturation des olives et variation de certains composants de l'huile. *Olivae*, **35**, 25-33.

Gandul-Rojas B. & Minguéz-Mosquera M.I., 1996a. Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various spanish olive varieties. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **72**, 31 – 39.

Gandul-Rojas B. & Minguéz-Mosquera M.I., 1996b. Chlorophyllase activity in olive fruit and its relationship with loss of Chlorophyll pigments in the fruit and oils. *J. Sci. Food Agric.*, **72**, 291 – 294.

García J. M., Gutiérrez R., Castellano J.M., Perdiguero S., Morilla A. & Albi M.A., 1996a. Influence of storage temperature on fruit ripening and olive oil quality. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 264 - 267.

García J. M., Sella S. & Pérez-Camino M.C., 1996b. Influence of fruit ripening on olive oil quality. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 3516 – 3520.

Garneau F. X., 2001. Notes du cours « Produits naturels ». Département des sciences fondamentales, UQAC, Chicoutimi, Québec.

Grob K., Lanfranchi M. & Mariani C., 1990. Evolution of olive oils through the fatty alcohols, the sterols and their esters by coupled LC-GC. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **67**, 626 - 634.

Gomez-Rico A., Salvador M.D., La Greca M., Fregapane G., 2006. Phenolic and volatile compounds of extra virgin olive oil (*Olea europaea* L. cv. Cornicabra) with regard to fruit ripening and irrigation management. *J. Agr Food Chem.*, **54**, 7130-7136.

Harzallah H., & Kiritsakis A., 1999. Effet antioxydant des extraits phénoliques des feuilles et des fruits de l'olivier. *Olivae*, **77**, 47- 49.

Harwood J., Aparicio, R., 2000. Handbook of olive oil. Analysis and properties. Aspen Publishers, Inc. ISBN 0-8342-1633-7.

Itoch, T., Yoshita K., Yatsu T., Tamura T. & Matsumoto T., 1981. Triterpene alcohols and sterols of Spanish olive oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **58**, 545.

Jesus, M.T., Motilva M.J, Luna. M., Girona J., & Romero M.P., 2001. Analytical characteristics of virgin olive oil from young trees (Arbequina cultivar) growing under linear irrigation strategies. *JAOCS*, vol. 78, no. 8.

Kachouri M., M'Sallem M., Zarrouk, M. & Chérif A., 1995. Comparative study of oil composition in four olive varieties. In «Plant Lipid Metabolism», Kader J.C. and Mazliak P., eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 567 - 569.

Kiritsakis A.K., 1990. Flavor components of olive oil- A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **75**(6), 675 – 681.

Kiritsakis A.K., 1993. La chimie de l'arôme de l'huile d'olive, *Olivae*, **45**, 28-33.

Kiritsakis, A.K. , 1998. Composition of olive oil. In *Olive oil from the tree to the table*, (pp. 113-154). Trumbull, CT: Food and Nutrition, Press Inc.

Kiritsakis A.K., Nanos G. D., Polymenopoulos Z., Thomai T., Sfakiotakis E.M., 1998. Effect of fruit storage conditions on olive oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **75**(6), 721-724.

Koutsaftakis A., Kotsifaki F., Stefanoudaki E. & Cert A., 2000a. Etude triennale sur les variations de plusieurs caractéristiques chimiques et de divers composants mineurs des huiles d'olive vierge obtenues à partir d'olives cueillies à différents degrés de maturité. *Olivae*, **80**, 22-27.

Koutsaftakis A., Kotsifaki F. & Stefanoudaki E., 2000b. La caractérisation des huiles d'olive vierges extra crétoises obtenues à partir de la variété Koroneiki. Influence du site d'origine sur plusieurs paramètres chimiques. *Olivae*, **81**, 20-25.

Lavee S. & Wodner M., 1995. The effect of growing region, maturation and fruit handling on oil quality of cv. «Nabali» olives in West Bank Mountains. *Agr. Med.*, **125**, 395 - 403.

Léger C. L., 1999. Les co-produits de l'huilerie d'olive, les composés phénoliques et leurs propriétés biologiques. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, **6**(1), 60 – 62.

Lopez-Villalta L. G., 1997. Technique de production. In «Encyclopédie Mondiale de l'Olivier», Conseil Oléicole International, Madrid (Espagne), 145 - 190.

Loussert R. & Brousse G., 1978. L'olivier, techniques et production méditerranéennes. Edition G.P. Maisonneuve Larose. Paris.

Macheix J.J., Fleuriet A., Billot J., 1990. Fruit phenolics. CRC Press, Boca Raton, FL.

Manai H., Haddada M.F., Trigui A., Daoud D., & Zarrouk M., 2007. Compositional quality of virgin olive oil from two new Tunisian cultivars obtained through controlled crossings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**, 600-606.

Mariani C., & Fedeli E., 1993. La chromatographie en phase gazeuse pour l'analyse de l'huile d'olive. *Olivae*, **45**, 34-39.

Mateos R., Espartero J. L., Trujillo M., Rios J. J., Leon-Camacho M., Alcludia, F. Cert A., 2001. Determination of phenols, flavones, and lignans in virgin olive oils by solid phase extraction and high-performance liquid chromatography with diode array ultraviolet detection. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 2185- 2192.

Mehri H. & Hellali R., 1995. Etude pomologique des principales variétés d'olivier cultivées en Tunisie. Institut de l'Olivier, Tunisie, 45p.

Mehri H., M'Sallem M., & Kamoun Mehri R., 1997. Identification des principaux cultivars d'olivier cultivés en Tunisie. *Plant Genetic Resources*, **112**, 68 - 72.

Mincione B., Giuffrè A. M., Leuzzi U. & Lombardo N., 1994. Ricerche sugli oli di oliva monovarietali, Nota I Caratterizzazione della produzione della Calabria. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, **71**, 335 - 338.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques, 2006. Enquête sur les structures des exploitations agricoles 2004-2005 ; Direction générale des études et du développement agricole, Janvier 2006.

Montedoro G. F., Bertuccioli M. & Anichini F., 1978. Aroma analysis of virgin olive oil by Head Space Volatiles Extraction Techniques. In "Flavor of Foods and Beverages". Chralampous G. and Inglet., eds., Academic Press, New York, 247-281.

Montedoro G.F., 1993. Pectinase production from olive vegetation waters and its use in the mechanical olive oil extraction process to increase oil yield and improve quality. *Ital. J. Food Sci.*, **5** (4), 142-149.

Morales M.T., Aparicio R., & Rios J.J., 1994. Dynamic headspace gas chromatographic method for determining volatiles in virgin olive oil. *Journal of Chromatography A*, **668**, 455-462.

Morales M.T., & Tsimidou M., 2000. The role of volatile compounds and polyphenols in olive oil sensory quality. In: *Handbook of Olive Oil. Analysis and properties*. Eds. J. Harwood, R. Aparicio, Aspen Publication, Gaithersburg, MD (USA), pp. 393-458.

Mordret F., 1999. Conférence Chevreul : Evolution des critères de qualité des huiles d'olive vierges - Perspectives. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, **6** (1), 69 - 76.

Moussa M.Y. & Gerasopoulos D., 1996. Effect of altitude on fruit and oil quality characteristics of «Mastoides» olives. *J. Sci. Food Agric.*, **71**, 345 - 350.

M'sallem M., Kachouri M. & Zarrouk M., 1995. Etude des potentialités de quelques variétés d'olivier méditerranéennes cultivées en intensif dans le nord Tunisien. Institut de l'Olivier Tunisie.

Muñoz-Cobo M.P., 2007. Intensive irrigated olive production. FAO Olive Network. Information Bulletin of the Escorena and AArinea Research network on olive, n°26, July 2007.

Nergiz C., 1991. Antioxidant activity of some phenolic compounds in refined olive oil. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, **68**, 553 - 554.

Olias Jimenez J.M., Pérez A.G., Rios J. J. & Sanz L., 1993. Aroma of virgin olive oil : Biogenesis of the Green Odor Notes. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 2368-2373.

Olint, 2007. Rivista de plantaciones superintensivas de olivo. Cataloigne Espagne. Magazine n°12 d'Agromillora Catalana, SA. Mai, 2007.

Ollivier D., Souillol S., Guèrère M., Pinatel C. & Arlaud J., 2000. Données récentes sur la composition en acides gras et en triglycérides d'huile d'olive vierges françaises. *Le Nouvel olivier*, **13**, 13-18.

Osman M., Metzidakis I., Girasopoulos G. & Kiritsakis A., 1994. Quantitative changes in olive oil of fruits collected from trees grown at two altitudes. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, **69**, 187-189.

Owen R. W., Mier W., Giacosa A., Hull W. E., Spiegelhalter B. & Bartsch H., 2000. Identification of lignans as major components in the phenolic fraction of olive oil. *Clin. Chem.* **46**, 976-988.

Pannelli G., Servili M., Selvaggini R., Baldioli M. & Montedoro G.F., 1994. Effect of agronomic and seasonal factors on olive (*Olea europaea* L.) production and on the qualitative characteristics of the oil. *Acta Hort.*, **356**, 239 - 243.

Papageorgiou C.L., 1995. Le rôle de l'olivier en Grèce: *Olivae - IV année - N°19*.

Parlati M. V., Perri E., Palopoli A. & Rizzuti B., 1994. Further observations on oil quality of Calabrian olive cultivars. *Acta Hort.*, **356**, 327 - 330.

Perrin J. L., 1992. Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile. *Rev. Française des Corps Gras*, **39**, 25 - 32.

Puchades R., Suescun A. & Maquieira A., 1994. Determination of free fatty acids in foods by flow injection. *J. Sci. Food Agric.*, **66**, 473 - 478.

Rahmani M., 1989. Mise au point sur le rôle des pigments chlorophylliens dans la photo-oxydation de l'huile d'olive vierge. *Olivae*, **26**, 30 - 32.

Ranalli A., 1992. Incidence of the processing parameters on the olive fruits of the chromatic and analytical characteristics of the oils. *Ind. Alimentari*, **31**, 513-526.

Romero C., Brenes M., García P. & Garrido A., 2002. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 3835.

Ryan D., Robards K. & Lavee S., 1998. Evolution de la qualité de l'huile d'olive. *Olivae*, **72**, 23 - 41.

Ryan D. & Robards K., 1998. Phenolic compounds in olives. *Analyst* **123**, 31-44.

Ryan, D., Robards, K., Lavee, S. 1999. Determination of phenolic compounds in olives by reversed-phase chromatography and mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, **832**, 87-96.

Salvador M.D., Aranda F., Gómez- Alonso S. & Fregapane, G., 2001. Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chemistry* **74**, 267-274.

Sánchez Casas J., De Miguel Gordillo C. & Marin Exposito J., 1999. La qualité de l'huile d'olive provenant de variétés en Estrémadure en fonction de la composition et la maturation de l'olive. *Olivae*, **79**, 38 - 40.

Servili M., Piacquadio P., De Stefano G., Taticchi A., Sciancalepore V., 2002. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104-483.

Sikaoui, 2006. Réflexion sur les densités de plantation de l'olivier. IV salon international de l'olivier « OLEA 2006 » : L'oléiculture : Levier du développement agricole Marrakech ; 25-28, Mai 2006.

Solinas M., 1990. La qualita dello'olio di oliva et fattori che la influenzano. Atti del convegno « Problematiche qualitative dell'olio di oliva ». Sassari. 6 novembre. 23-56.

Tous J. & Romero A., 1993. Variedades del olivo, Ed., Fundacion la Caixa, AEDOS, Barcelona, 172 pp.

Tous J. & Romero A., 1994. Cultivar and location effects on olive oil quality in Catalonia (Spain). *Acta Hort.*, **356**, 323-326.

Tous J., Romero A., Plana J., Guerrero L., Diaz L. & Hermoso J.F., 1997. Características químico-sensoriales de los aceites de oliva Arbequina obtenidos en distintas zonas de España. *Grasas y Aceites*, **48** (6): 415 – 424.

Tous J., Romero A., Plana J. & Aramburu J., 1998. Selección clonal de la variedad de olivo Arbequina. Presentación del clone «IRTA-i-18 « Phytoma, 102 (10): 15-28.

Trigui A. & M'sallem M., 1995. Pollinisation croisée des variétés d'olivier Tunisienne.

Tsimidou M., Papadopoulos G. & Boskou D., 1992a. Determination of phenolic compounds in virgin olive oil by reverse-phase HPLC with emphasis on UV detection. *Food Chemistry*, **44**, 53 – 60.

Tsimidou M., Papadopoulos G. & Boskou D., 1992b. Phenolic compounds and stability of virgin oil. *Food Chemistry*, **45**, 141-144.

Uzzan A., 1992. L'huile d'olive. In « Manuel des corps gras », Lavoisier, Paris, 221-228.

Vazquez Roncero, A.; Graciani Constante, E.; Maestro Duran, R. 1974. *Grasas y Aceites*, **25**, 269-279.

Wikipédia, 2005. http://fr.wikipedia.org/wiki/Olivier_europ%C3%A9en.

Wyllie S.G., 1995. Key aroma compounds in melons, in fruit Flavors: biogenesis, characterization and authentication. Edited by R. L. Rouseff & M.M. Leahy, Washington, DC; American Chemical Society, pp. 248-257.

Zarrad T., 1994. Le développement agro – alimentaire de la Tunisie en question.

Zarrouk M., Marzouk B., Ben Miled, D. & Chérif A., 1996. Accumulation de la matière grasse de l'olive et effet du sel sur sa composition. *Olivae*, **61**, 41 - 46.