

Effet de l'anatomie de la feuille sur l'évolution des acariens ériophyides de l'olivier en Tunisie

Amel Chatti-Kolsi^{1,*}, Azza Chelli-Chaabouni² et Mohieddine Ksantini¹

¹ Institut de l'olivier, BP 1087, 3000 Sfax, Tunisie

² Institut national de la recherche agronomique de Tunisie, rue Hédi Karray, 3049 Ariana, Tunisie

Résumé – Le choix de variétés résistantes ou tolérantes aux nuisibles est une voie privilégiée de la lutte intégrée. Face à la recrudescence des acariens ériophyides (*Aceria oleae* Nalepa et *Oxycenus maxwelli* Keifer) sur les oliviers en Tunisie, aussi bien en pépinière qu'en verger, nous avons étudié la sensibilité à ces phytophages de 12 variétés : Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha, Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis, Chétoui, Koroneiki, Meski, Oueslati, Picholine, Zalmati et Zarrazi. Les variétés d'olives à huile sont plus infestées que les variétés d'olives de table. L'étude histologique des feuilles montre que les variétés ayant une cuticule plus épaisse (Chétoui, Picholine, Oueslati et Zarrazi) sont moins infestées par ces acariens. Les épaisseurs seuils permettant de limiter la détérioration de l'acidité de l'huile induite par les acariens sont de 3,9 μm sur la face inférieure et 7,52 μm sur la face supérieure. La variété de table Meski, malgré une épaisseur de la cuticule inférieure à ces seuils, montre une résistance, en dehors de la période de floraison, ce qui suggère l'implication d'autres formes de résistance telles que la synthèse de composés biochimiques spécifiques.

Mots clés : *Aceria oleae* / *Oxycenus maxwelli* / variétés / épaisseur de la cuticule / évolution démographique

Abstract – **Effect of leaf anatomy on the evolution of eriophyid mites of olive tree in Tunisia.** Selection of pest-resistant or -tolerant varieties is an important way for an integrated pest management. In Tunisia, as the damages caused by eriophyid mites in olive nurseries and plantations are increasing, we aimed to study the varietal sensitivity of 12 olive tree varieties (Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha, Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis, Chétoui, Koroneiki, Meski, Oueslati, Picholine, Zalmati and Zarrazi) to *Aceria oleae* Nalepa and *Oxycenus maxwelli* Keifer. Olive oil varieties are more infested than table olive varieties. Leaf histological study reveals that varieties having thicker cuticles (Chétoui, Picholine, Oueslati and Zarrazi) are less infested by mites. The cuticle thickness thresholds limiting the deterioration of olive oil acidity are 3.9 μm for the lower side and 7.52 μm for the upper side. The table variety Meski, which has a cuticle thickness below these thresholds, shows, however, a resistance, during off-flowering periods, suggesting the involvement of other kind of resistance such as, the synthesis of specific biochemical compounds.

Keywords: *Aceria oleae* / *Oxycenus maxwelli* / varieties / cuticle thickness / demographic evolution

1 Introduction

L'olivier (*Olea europaea* L.) est largement cultivé en Tunisie sous différentes conditions climatiques. Il est exposé à différents bioagresseurs tels que virus, champignons, acariens et insectes. Les acariens ériophyides *Aceria oleae* (Nalepa, 1900) et *Oxycenus maxwelli* (Keifer, 1939) provoquent d'importants dégâts aux cultures aussi bien en pépinière que sur les jeunes plantations irriguées (Harpaz, 1955 ;

Hatzinikolis, 1969 ; Castagnoli et Oldfield, 1996 ; Çetin et Alaoglu, 2006). Les dégâts les plus fréquents sont des déformations et des altérations au niveau des feuilles comme la présence de taches enfoncées, une réduction de la végétation, la détérioration du bourgeon apical, l'arrêt de développement des boutons floraux, le flétrissement des inflorescences, des malformations au niveau des fruits, la chute des feuilles et des fruits, la détérioration de la qualité des huiles (Çetin *et al.*, 2010).

Actuellement, seule la lutte chimique est utilisée en Tunisie (Ksantini *et al.*, 1993). Cette méthode n'est justifiée que lorsque les populations d'acariens atteignent des niveaux très élevés

* Auteur de correspondance : amel_chattikolsi@yahoo.fr

d'infestation. Mais leur coût élevé, leurs effets polluants et leur impact négatif sur la santé humaine sont autant de facteurs incitant à la recherche d'autres méthodes de lutte. L'utilisation de variétés résistantes est une composante de la lutte intégrée contre les bioagresseurs (Jallow *et al.*, 2004 ; Barzman *et al.*, 2015) et elle est de plus en plus utilisée dans une perspective de développement durable (Wilson et Huffaker, 1976 ; Razmjou *et al.*, 2006). Les plantes possèdent un large spectre de mécanismes de défense contre les agents pathogènes. L'existence de barrières physiques (Harborne, 1988 ; Lucas *et al.*, 2000 ; Sanson *et al.*, 2001 ; Iddles *et al.*, 2003 ; Ayayee *et al.*, 2014) recouvrant la surface des différents organes (racine, tige et feuille) peut jouer un rôle important dans la résistance des plantes à ces attaques. Une meilleure connaissance du rôle de ces barrières dans la résistance aux ravageurs pourrait permettre une meilleure prévention des attaques et une utilisation plus raisonnée des pesticides. Un *screening* de la sensibilité des ressources végétales locales vis-à-vis des ravageurs serait très utile pour comprendre les mécanismes intervenant dans la résistance des plantes aux ravageurs.

La présence d'acariens phytophages sur l'olivier constitue un nouveau problème qui risque d'avoir des incidences économiques graves sur la production oléicole. Vu l'importance des dégâts et la rareté des travaux sur l'acarofaune en oléiculture, aussi bien en Tunisie qu'à l'étranger, il est nécessaire d'étudier leurs dégâts et de rechercher des méthodes de lutte convenables et efficaces. Les mécanismes de défense de l'olivier sont encore peu connus (Uccella, 2000 ; Benitez *et al.*, 2005). Selon plusieurs auteurs, la feuille est souvent impliquée dans la défense contre les bioagresseurs (Lucas *et al.*, 2000 ; Sanson *et al.*, 2001 ; Iddles *et al.*, 2003 ; Ayayee *et al.*, 2014).

L'objectif principal de cette étude est d'estimer la résistance aux acariens ériophyides de 12 variétés d'olivier en se basant sur les relations entre l'infestation, l'acidité de l'huile et l'épaisseur de la cuticule des feuilles.

2 Biotope et matériel végétal

Le site d'étude choisi est la station expérimentale « Taous » de l'Institut de l'olivier, située à 26 km au Nord de Sfax (34° 56' 01" Nord et 10° 36' 54" Est) et à 559 m d'altitude. Cette région se caractérise par un climat semi-aride à hiver doux et humide et un été chaud et sec avec une pluviométrie moyenne de 200 mm par an.

Les expérimentations sont réalisées dans un parc à bois d'olivier de différentes variétés âgées de 7 ans. La plantation est irriguée (goutte à goutte). L'écartement entre les arbres est de 7 × 7 m.

Pour une bonne représentation variétale des différentes zones oléicoles tunisiennes, 12 variétés ont été choisies : sept variétés à huile caractérisées par de petits fruits et des rendements élevés en huile (Chemlali Sfax, Chétoui, Oueslati, Chemlali Ontha, Chemlali Zarzis, Zalmati et Koroneiki), trois variétés à double aptitude, huile et conserve, selon leur époque de maturité (Arbequina, Chemchali et Zarrazi) et deux variétés de table (Picholine et Meski). Il est à noter que, en cas de forte infestation (déformation des fruits), les fruits de toutes les variétés sont envoyés à la transformation.

3 Suivi des populations d'acariens

Le suivi démographique des acariens a été effectué sur cinq arbres de chaque variété de même vigueur et ayant des taux d'infestation similaires. Il s'est étalé de début novembre 2013 à début décembre 2014. Le choix des arbres est basé sur un échantillonnage préliminaire de tous les arbres de la même variété (présents dans la parcelle d'étude).

Pour l'échantillonnage, on a prélevé 100 feuilles par arbre en vue de déterminer leurs niveaux d'infestation, d'identifier les espèces d'acariens présentes et de préciser leur localisation par examen des deux faces, inférieure et supérieure, de chaque feuille ; les données brutes sur le nombre d'acariens ont été converties en densités moyennes d'acariens par feuille.

Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'un examen minutieux sous loupe binoculaire (Leica Wild M10) à un grossissement de ×80 en vue de dénombrer les acariens sur les feuilles.

L'identification des acariens ériophyides s'est basée sur l'observation des différentes parties du corps (la position et le nombre des soies implantées sur le corps et enfin les pattes) de 100 individus de chaque espèce avec un microscope à contraste de phase.

4 Mesure de l'épaisseur de la cuticule foliaire

4.1 Échantillonnage

Un échantillon de 50 feuilles de chaque variété a été prélevé le 11 mai 2014 sur l'étage supérieur des rameaux correspondant aux jeunes feuilles (site d'attaque d'acariens). Chaque feuille a fait l'objet d'un examen sous loupe binoculaire afin de déterminer le nombre d'acariens sur chaque face foliaire.

4.2 Étude histologique

Les feuilles sont fixées pendant 48 heures dans une solution FAA (10 % formol, 80 % alcool et 10 % acide acétique). Après lavage à l'eau courante pendant 24 heures, les organes fixés sont déshydratés par différents trempages dans de l'éthanol et du xylène puis inclus dans des blocs de paraffine avant d'être coupés à l'aide d'un microtome. Les coupes, ainsi préparées, sont fixées entre lame et lamelle par l'albumine puis déparaffinées et réhydratées avant d'être colorées à l'hématoxyline et à l'éosine. Le montage de ces coupes se fait dans une goutte de baume du Canada avant leur observation. La mesure de l'épaisseur de la cuticule est effectuée au microscope (Leitz) muni d'un oculaire gradué au micromètre (μm).

Les coupes histologiques réalisées (50 coupes par variété à raison d'une coupe par feuille) servent pour les mesures de l'épaisseur de la cuticule (faces inférieure et supérieure).

5 Mesure de l'acidité de l'huile et calcul de l'épaisseur seuil de la cuticule

L'acidité de l'huile est définie comme étant le pourcentage d'acides gras libres exprimé, conventionnellement pour l'huile

Tableau 1. Taux d'infestation des variétés d'olivier au début de la période de suivi (17 novembre 2013).**Table 1.** Infestation rates of olive varieties at the beginning of the monitoring period (17 November 2013).

Variété	Moyenne ± SE (nombre d'acariens/feuille)	Coefficient de variation (%)
Arbequina	150 ± 5,05	7,38
Chemchali	101 ± 2,09	2,07
Chemlali Ontha	192 ± 0,79	0,87
Chemlali Sfax	25 ± 0,31	2,53
Chemlali Zarzis	65 ± 0,94	3,08
Chétoui	0	–
Koroneiki	115 ± 1,98	3,81
Meski	0	–
Oueslati	0	–
Picholine	5 ± 0,31	12,64
Zalmati	45 ± 2,34	10,42
Zarrazi	0	–

SE : erreur standard.

d'olive, en acide oléique. Ce paramètre constitue l'un des facteurs de qualité exigés selon les normes internationales de commercialisation de l'huile d'olive. Une acidité inférieure à 0,8 % est exigée pour une huile vierge extra. Une acidité plus élevée conduit au déclassement de l'huile lors de sa commercialisation (COI, 2015).

L'épaisseur seuil de la cuticule (faces supérieure et inférieure) au-dessus de laquelle les variétés peuvent être classées comme résistantes est déterminée en se basant sur l'effet des acariens sur l'acidité de l'huile. Pour cela, l'estimation des dégâts causés par les acariens ériophyides sur l'acidité des huiles a été réalisée en comparant l'acidité de l'huile extraite à partir des fruits portés par des rameaux sains à celle des fruits portés par des rameaux infestés. Pour chaque variété, chaque catégorie est représentée par 15 rameaux sur un ensemble de cinq arbres. Les rameaux sains, considérés comme témoins, sont traités par un acaricide tous les 21 jours (période de rémanence du produit) en alternant des matières actives différentes (acrinathrine, soufre mouillable et un mélange de cyhexatin et tétradifon).

L'acidité limite de 0,8 % imposée pour une huile vierge extra est choisie comme seuil pour déterminer l'épaisseur critique de la cuticule au-dessous de laquelle l'acidité serait affectée par la présence des acariens.

L'extraction de l'huile à partir des olives fraîches (fruits des rameaux infestés et fruits des rameaux traités) a été effectuée à l'aide d'un oléo-doseur au laboratoire d'oléotechnie de l'Institut de l'olivier à Sfax. L'acidité de l'huile est déterminée selon la méthode de Wolff (1968). Un échantillon de 5 g d'huile est pesé dans un flacon de 90 ml, auquel 30 ml d'alcool neutralisé sont ajoutés. Ce mélange est additionné de quelques gouttes de phénolphthaléine comme indicateur coloré. Après agitation, un titrage avec une solution de soude (NaOH) à 0,177 N est effectué. La fin du dosage est marquée par l'apparition de la couleur rose qui persiste au moins 15 secondes après agitation. L'acidité est calculée selon l'équation :

$$\text{Acidité (\%)} = \text{volume de NaOH (ml) ajouté.}$$

On s'est proposé de faire la corrélation entre l'acidité de l'huile et le taux d'infestation maximal pour chaque variété.

Sachant que les acariens ériophyides infestent l'olivier tout au long de la maturité et de la lipogenèse, mais à des degrés variables et que l'infestation maximale est responsable de la détérioration de la qualité.

6 Analyse statistique

L'essai a été réalisé suivant un dispositif en blocs complets randomisés (BCR) avec cinq répétitions par variété (un arbre = une répétition). Les analyses de variance (ANOVA) de tous les traitements sont réalisées avec le logiciel SPSS (version 13). Pour les caractères significatifs, les moyennes ont été regroupées par la méthode de Duncan au seuil de 5 %. Les corrélations, les erreurs standards et les coefficients de variation ont été calculés à partir des données brutes selon la méthode de Pearson et réalisés avec le logiciel Graph Pad Prism v 6.0.

7 Résultats et discussion

7.1 Niveaux d'infestation de départ des variétés

Le Tableau 1 présente les taux moyens d'infestation par feuille par les acariens ériophyides pour chaque variété d'olivier retenue pour l'essai au début de la période de suivi (17 novembre 2013).

Les arbres choisis à l'intérieur de chaque variété présentent des infestations similaires avec un coefficient de variation compris entre 0,87 % (Chemlali Ontha) et 12,64 % (Picholine) et inférieur à 15 % chez toutes les variétés infestées. Les variétés Chétoui, Oueslati, Meski et Zarrazi ne sont pas infestées par les acariens (infestation = 0).

7.2 Relation végétal-acarien

L'examen des feuilles sous loupe binoculaire a révélé l'existence simultanée des espèces d'ériophyides, *O. maxwelli* et *A. oleae*, associées sur le même feuillage. L'espèce *O. maxwelli* est majoritairement présente sur la face supérieure tandis qu'*A. oleae* envahit plutôt la face inférieure (Tab. 2). Ces résultats confirment ceux de Keifer (1939), Jeppson *et al.*

Tableau 2. Nombre moyen d'individus d'*Oxycenus maxwelli* et d'*Aceria oleae* par feuille chez les variétés infestées combinées (Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha, Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis, Koroneiki, Meski, Zalmati et Zarrazi).

Table 2. Average number of *Oxycenus maxwelli* and *Aceria oleae* per leaf in combined infested varieties (Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha, Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis, Koroneiki, Meski, Zalmati and Zarrazi).

Espèce d'acariens	Face supérieure (moyenne ± SE)	Face inférieure (moyenne ± SE)
<i>Oxycenus maxwelli</i>	145,8 ± 14,0	1,0 ± 0,1
<i>Aceria oleae</i>	0,6 ± 0,4	436,6 ± 9,3

SE : erreur standard.

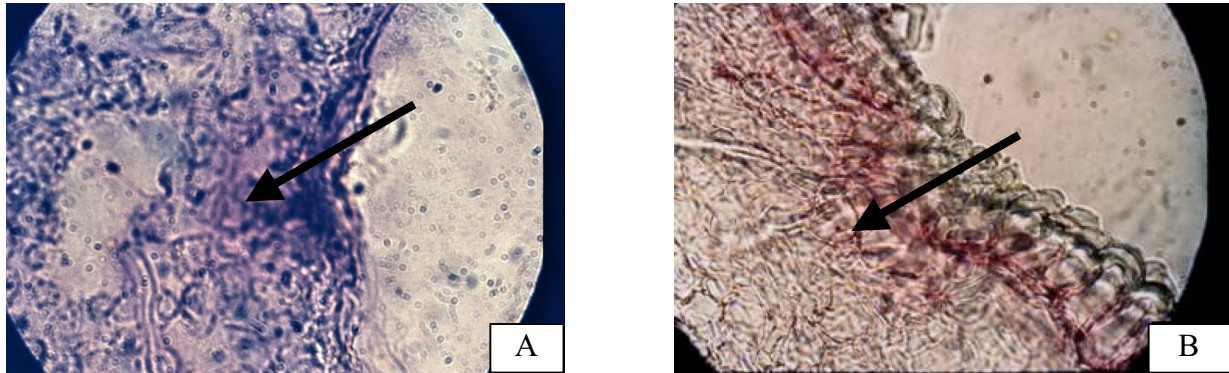


Fig. 1. Coupe transversale de la feuille : (A) face inférieure, (B) face supérieure (les flèches montrent les cellules endommagées).
Fig. 1. Transversal section of the leaf: (A) lower face, (B) upper face (arrows show the damaged cells).

(1975), Reis *et al.* (2011) et Ricalde *et al.* (2012) qui rapportent que l'espèce *O. maxwelli* se nourrit préférentiellement sur la face supérieure des feuilles des nouvelles pousses alors qu'*A. oleae* vit sur la face inférieure des feuilles (Tab. 2).

L'analyse de l'abondance des deux espèces montre que *A. oleae* est très hautement significativement plus abondante ($p=0,001$) que *O. maxwelli*.

L'étude histologique met en évidence les sites préférentiels de nourriture chez les deux espèces étudiées. L'acarien *O. maxwelli* préfère la face supérieure de la feuille et puise sa nourriture à partir des parenchymes palissadiques (Fig. 1 B) tandis que l'espèce *A. oleae* se nourrit, généralement, à partir des parenchymes lacuneux de la face inférieure (Fig. 1 A).

7.3 Suivi des populations d'acariens

La Figure 2 montre que les deux espèces d'ériophyides (*O. maxwelli* et *A. oleae*) sont présentes durant toute l'année avec, cependant, une baisse notable des effectifs en hiver puis une recrudescence des populations dès le début du printemps jusqu'à l'automne, atteignant des densités maximales variant, suivant les variétés, de 425 à 1 253 individus par feuille. Cette activité est prolongée par rapport à ce qui a été trouvé par Castagnoli et Oldfield (1996), Spooner-Hart *et al.* (2007) et Knihinicki (2010) qui signalent que les acariens ériophyides de l'olivier se développent uniquement au printemps et en automne. Ceci peut être attribué à des conditions environnementales favorables (température et humidité relativement élevées). La comparaison des niveaux d'infestation des différentes variétés étudiées révèle des différences significatives. Les variétés Chétoui, Picholine, Oueslati et Zarrazi sont les moins attaquées par opposition aux variétés Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha et Koroneiki qui sont les plus

infestées (Fig. 2). Knihinicki (2010) a signalé aussi la préférence d'*O. maxwelli* pour certaines variétés d'olivier.

L'ANOVA des infestations, date par date, montre qu'il peut exister divers degrés d'infestation (de basse à élevée) chez les variétés réceptives aux acariens. Certaines variétés permettent un grand développement du ravageur et, de ce fait, subissent des dommages très importants. Les taux d'infestation des 12 variétés testées sont très variables. Nous avons distingué trois classes : variétés tolérantes, variétés moyennement tolérantes et variétés sensibles. Seule la variété Meski n'intègre pas ce classement. Chez cette dernière, la densité d'acariens augmente durant la période printanière, correspondant à la période de floraison, pour atteindre un maximum de 425 acariens par feuille. Au cours de cette période, les dégâts se traduisent par le flétrissement des inflorescences qui ne tardent pas à tomber. Durant le reste de la période expérimentale, la densité des acariens sur les feuilles de cette variété est nulle.

7.4 Épaisseur de la cuticule

L'épiderme de la feuille est toujours couvert par une membrane relativement imperméable appelée cuticule. Cette membrane est composée de cire et de cutine et est accolée à l'épiderme par une couche de pectine (Heredia, 2003 ; Nawrath, 2006).

La Figure 3 présente l'épaisseur de la cuticule foliaire des différentes variétés étudiées sur les faces supérieure et inférieure.

L'épaisseur de la cuticule est différente selon les variétés. Ces résultats confirment ceux de Mahjoub-Boujhan (1997) sur quelques variétés d'olivier en Tunisie. Pour toutes les variétés étudiées, cette épaisseur sur la face supérieure est environ le

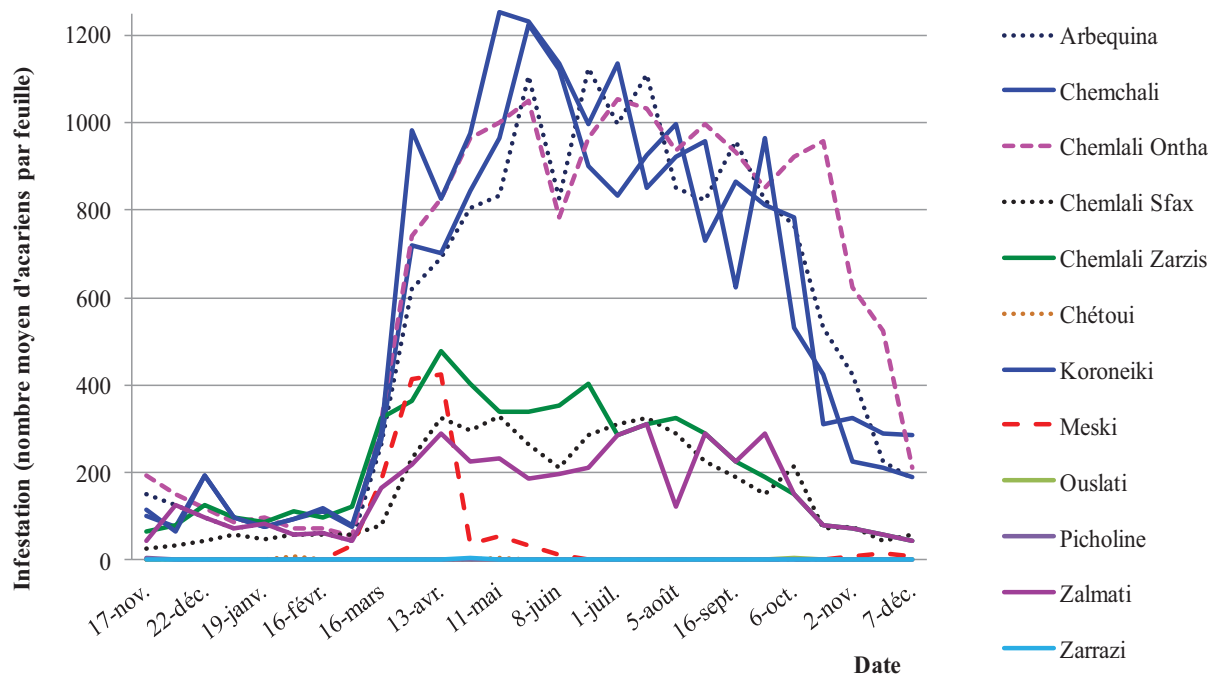


Fig. 2. Évolution temporelle des deux espèces d’ériophyides confondues (*Oxycenus maxwelli* et *Aceria oleae*) (nombre moyen d’ériophyides par feuille) sur différentes variétés d’olivier.

Fig. 2. Time evolution of the two combined species of eriophyids (*Oxycenus maxwelli* and *Aceria oleae*) (average number of eriophyids per leaf) on different olive varieties.

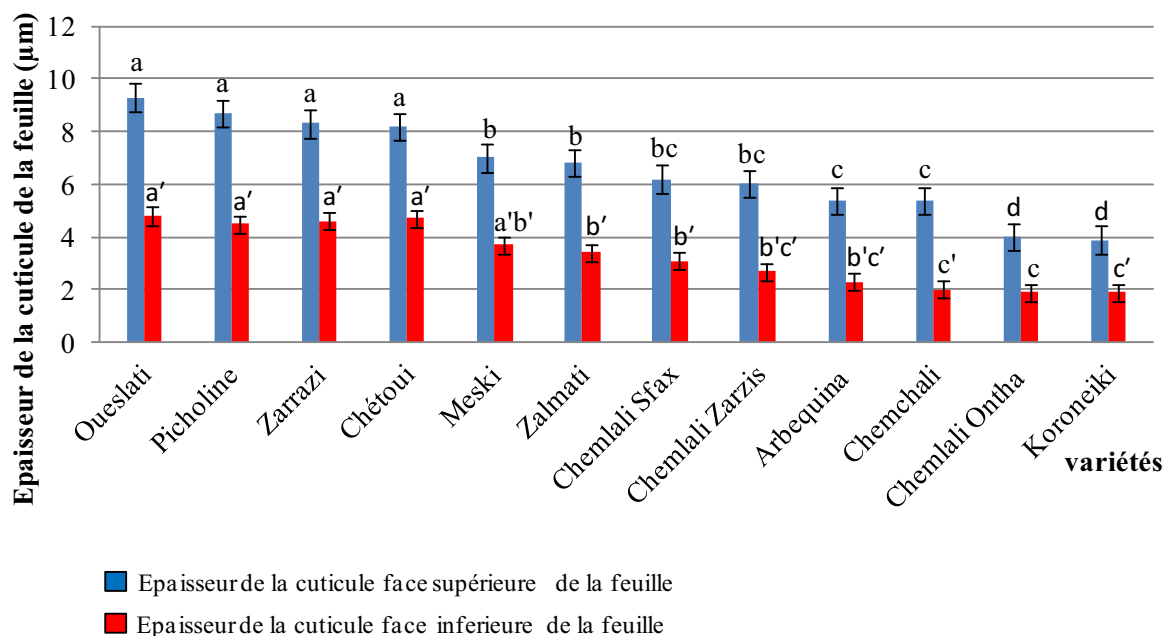


Fig. 3. Épaisseur de la cuticule sur les faces supérieure et inférieure des feuilles des différentes variétés d’oliviers (moyenne de 50 feuilles). Les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (test de Duncan, $p \leq 0,05$).

Fig. 3. Cuticle thickness on upper and lower sides of different olive varieties leaves (average of 50 leaves).

double de celle sur la face inférieure. En effet, la face supérieure a une cuticule moyenne de 3,7 µm (Koroneiki) à 9,3 µm (Oueslati) d’épaisseur. Sur la face inférieure, cette épaisseur est comprise entre 1,9 µm (Koroneiki et Chemlali Ontha) et 4,8 µm (Oueslati) (Fig. 3).

Une corrélation positive hautement significative ($p < 0,0001$) a été notée entre l’épaisseur de la cuticule supérieure et celle de la cuticule inférieure (Pearson, $r = 0,9115$).

Les variétés Chétoui, Oueslati, Zarrazi et Picholine, ayant une cuticule plus épaisse (variant entre 4,5 et 4,8 µm à la face

Tableau 3. Acidité de l'huile chez des fruits sains et infestés des différentes variétés d'olivier.**Table 3.** Oil acidity from non-infested and infested fruits of the different olive varieties.

Variété	Fruits sains (témoins) Moyenne d'acidité ± SE	Fruits infestés Moyenne d'acidité ± SE	Effet de l'infestation (signification)
Oueslati	0,26 ^a ± 0,01	0,25 ^d ± 0,03	NS
Picholine	0,29 ^a ± 0,02	0,29 ^d ± 0,22	NS
Zarrazi	0,24 ^a ± 0,03	0,24 ^d ± 0,02	NS
Chétoui	0,18 ^a ± 0,06	0,20 ^d ± 0,06	NS
Meski	0,28 ^a ± 0,02	0,89 ^c ± 0,04	*
Zalmati	0,23 ^a ± 0,03	1,12 ^b ± 0,10	**
Chemlali Sfax	0,19 ^a ± 0,04	1,20 ^b ± 0,06	**
Chemlali Zarzis	0,25 ^a ± 0,02	1,20 ^b ± 0,05	**
Chemchali	0,24 ^a ± 0,03	3,70 ^a ± 0,01	***
Arbequina	0,37 ^a ± 0,05	3,50 ^a ± 0,45	***
Chemlali Ontha	0,31 ^a ± 0,05	3,90 ^a ± 1,13	***
Koroneiki	0,25 ^a ± 0,01	3,90 ^a ± 0,57	***

SE : erreur standard ; les valeurs dans chaque colonne suivies par différentes lettres sont significativement différentes : NS : non significatif ; * : significatif ($p \leq 0,05$) ; ** : hautement significatif ($p \leq 0,01$) ; *** : très hautement significatif ($p \leq 0,001$).

inférieure et 8,2 à 9,3 μm à la face supérieure) sont moins infestées par les acariens alors que la variété Koroneiki qui a une cuticule fine (1,9 μm à la face inférieure et 3,9 μm à la face supérieure) est la plus infestée (Fig. 3). Une faible épaisseur de la cuticule permettrait à l'acarien de percer facilement la surface foliaire avec son stylet pour atteindre les cellules parenchymateuses.

Par ailleurs, les variétés Koroneiki, Chemchali, Arbequina et Chemlali Ontha subissent une importante défoliation des rameaux qui est plus accentuée à partir du sommet. Cette défoliation est accompagnée par l'atrophie, la réduction de la croissance des rameaux et/ou la nécrose des bourgeons. Certains bourgeons ne réussissent pas à débourrer, d'autres poussent mais restent rabougris pour finalement chuter. Les rameaux infestés continuent de croître, mais plus lentement, donnant des pousses grêles, à entre-nœuds courts.

7.5 Effet des acariens sur l'acidité de l'huile

Les résultats de l'acidité de l'huile, récapitulés dans le Tableau 3, ne montrent aucune différence significative entre les variétés pour l'huile extraite des fruits portés par des rameaux sains. Les valeurs moyennes d'acidité de ces huiles sont comprises entre 0,18 % (Chétoui) et 0,37 % (Arbequina), ce qui permet de les classer parmi les huiles d'olive vierges extra ($\leq 0,8$ %) selon les normes internationales (COI, 2015). Cependant, la présence des ériophyides sur les rameaux semble affecter considérablement l'acidité de l'huile chez certaines variétés. Les huiles extraites des fruits portés par des rameaux attaqués ont une acidité significativement plus élevée chez les variétés Chemchali, Chemlali Ontha, Arbequina, Koroneiki, Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis et Zalmati. L'effet de ces acariens engendre une détérioration importante de l'acidité de l'huile qui est passée de celle d'une huile vierge extra à celle d'une huile lampante (> 3 %) chez les variétés Koroneiki, Chemchali, Arbequina et Chemlali Ontha. Les variétés Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis et Zalmati se sont avérées

moins favorables à l'infestation. L'acidité des huiles des variétés Oueslati, Chétoui, Picholine et Zarrazi n'est pas modifiée, ce qui témoigne de leur tolérance à ces ravageurs dans les conditions testées. La variété Meski, qui montre une sensibilité intermédiaire entre les variétés tolérantes et les variétés moyennement tolérantes, laisse suggérer la présence probable dans ses tissus de substances allélochimiques agissant comme agents antixénotiques et/ou antibiotiques.

La variation de l'acidité de l'huile entre les fruits portés par les rameaux sains et ceux portés par des rameaux infestés est en relation avec le degré d'infestation. Ainsi, les variétés Chemlali Sfax, Chemlali Zarzis et Zalmati ont des degrés d'infestation maximum n'excédant pas 476 individus par feuille tandis que Chemchali, Chemlali Ontha, Arbequina, Koroneiki ont des degrés d'infestation maximum plus élevés compris entre 1 053 et 1 253 individus par feuille. Une corrélation positive ($p < 0,0001$) hautement significative a été notée entre le degré d'infestation des variétés par les acariens ériophyides et l'acidité de l'huile (Pearson, $r = 0,9842$). Selon l'équation de la droite de régression de la Figure 4, une acidité de 0,8 % (limite fixée par les normes internationales) correspond à une infestation de 164 acariens par feuille pour les deux espèces *O. maxwelli* et *A. oleae* confondues (Fig. 4).

7.6 Détermination de l'épaisseur seuil de la cuticule

Les Figures 5 et 6 montrent que l'infestation des variétés d'oliviers par les acariens ériophyides (*O. maxwelli* et *A. oleae*) est négativement corrélée ($p < 0,0001$) à l'épaisseur de la cuticule de la face inférieure ($r = -0,9279$) et de la face supérieure ($r = -0,9223$). En conséquence, il apparaît que l'augmentation de l'épaisseur de la cuticule s'accompagne d'une diminution de l'infestation.

D'après ces résultats, les épaisseurs seuils de la cuticule seraient de 7,5 μm au niveau de la face supérieure et de 3,9 μm au niveau de la face inférieure, correspondant à une densité maximale de 164 acariens par feuille à ne pas dépasser afin

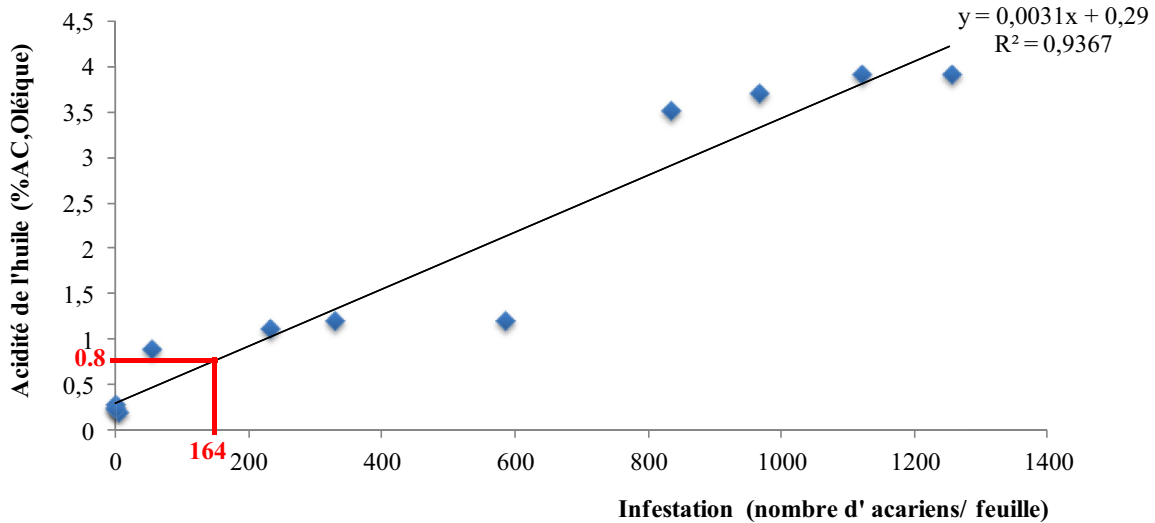


Fig. 4. Relation entre le niveau d'infestation par les acariens (les deux espèces confondues) et l'acidité de l'huile. Le taux d'infestation correspondant à une acidité de 0,8 % est déterminé selon l'équation de régression linéaire.

Fig. 4. Relation between mites infestation level (both species combined) and oil acidity. The infestation rate corresponding to 0.8% of oil acidity was determined according to the linear regression equation.

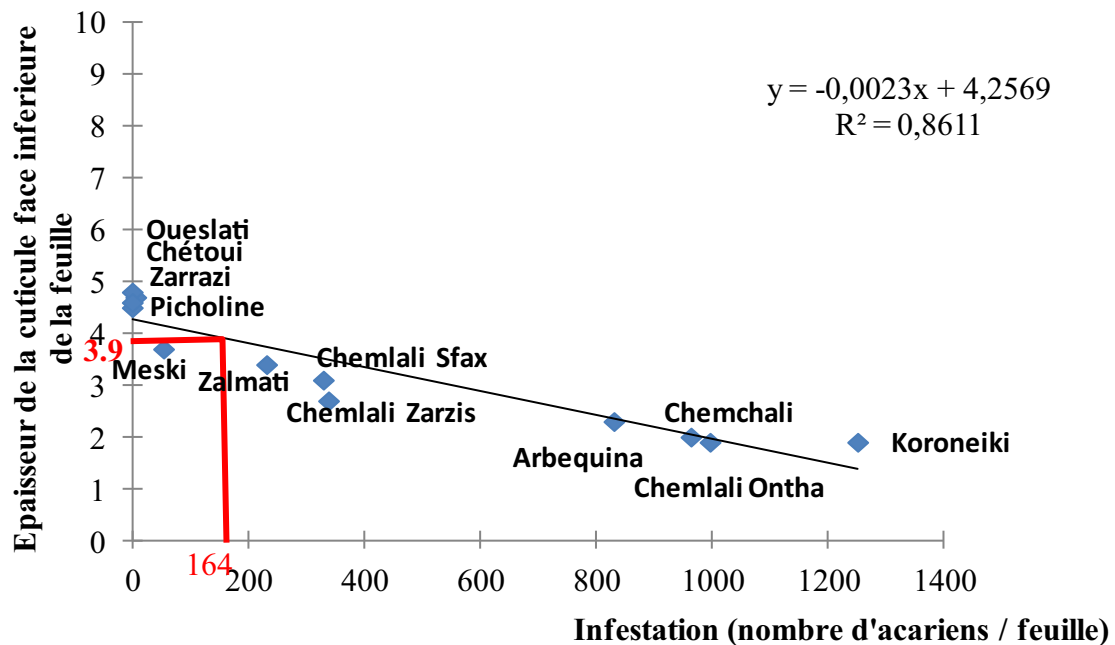


Fig. 5. Relation entre le degré d'infestation par les ériophyides (les deux espèces confondues) et l'épaisseur de la cuticule de la face inférieure de la feuille. La droite représente la courbe de régression linéaire. L'équation et la valeur de R^2 sont indiquées en haut à droite de la figure.

Fig. 5. Relation between the level of eriophyids infestation (both species combined) and the cuticle thickness of the underside of the leaf. The straight line represents the linear regression curve. Equation and R^2 value are indicated in the right top of the figure.

d'éviter une détérioration de la qualité de l'huile. Ce type de défense serait un caractère variétal présent avant toute attaque de ces ravageurs (Murray *et al.*, 1996 ; Gonzalez-Coloma *et al.*, 1998). Par ailleurs, la variété Meski a montré une résistance, en dehors de la floraison, malgré une épaisseur de la cuticule, inférieure à ces seuils. Cette résistance pourrait être expliquée par l'existence d'autres barrières, de nature biochimique, qui auraient pour rôle de repousser les nuisibles à l'instar des composés phénoliques qui sont souvent impliqués dans la défense des plantes contre les bioagresseurs et associés à la

résistance de la plante hôte (El Modafar et El Boustani, 2005). En effet, d'après Lattanzio *et al.* (1996), les variétés de vigne plus riches en quercétine ou en isorhamnétine seraient plus résistantes aux pucerons que celles ayant des concentrations plus faibles en ces composés. Scutareanul *et al.* (1996) ont aussi remarqué que les variétés de poirier riches en acide p-coumarique étaient plus résistantes au psylle du poirier. De même, Ouguas *et al.* (2006) ont rapporté que la résistance aux psylles de l'olivier était associée à des niveaux élevés en composés phénoliques.

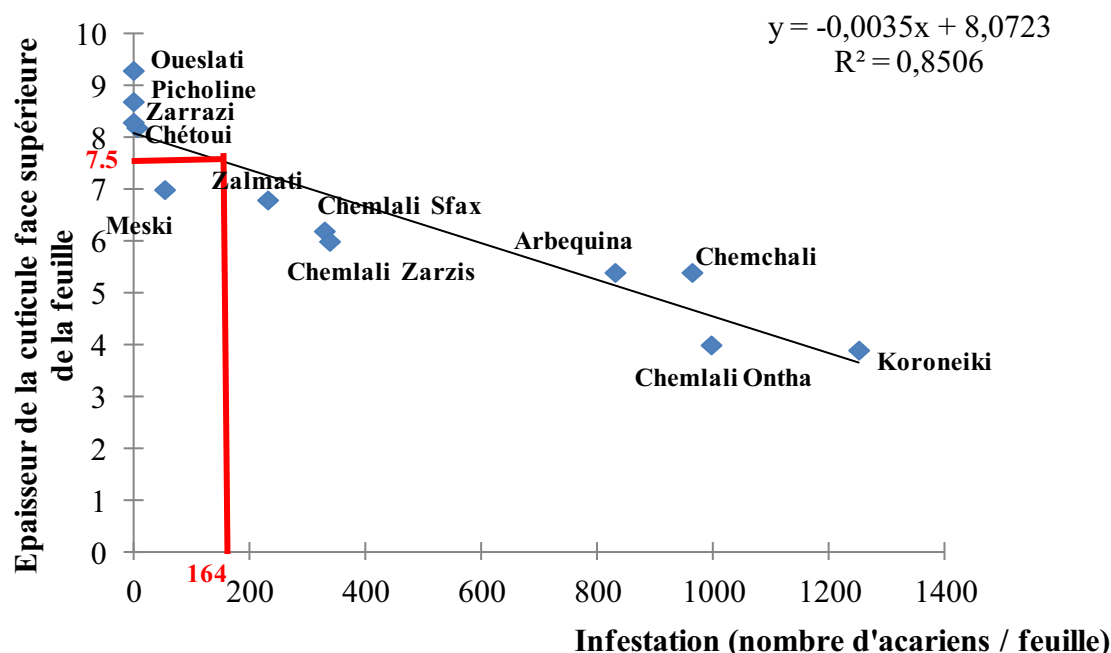


Fig. 6. Relation entre le degré d'infestation par les ériophyides (les deux espèces confondues) et l'épaisseur de la cuticule de la face supérieure de la feuille. La droite représente la courbe de régression linéaire. L'équation et la valeur de R^2 sont indiquées en haut à droite de la figure.
Fig. 6. Relation between the level of eriophyids infestation (both species combined) and the cuticle thickness on the upper of the leaf. The straight line represents the linear regression curve. Equation and R^2 value are indicated in the right top of the figure.

8 Conclusion

Notre étude montre que l'évolution des populations d'acariens ériophyides est variable suivant les variétés d'olivier. Les variétés Arbequina, Chemchali, Chemlali Ontha et Koroneiki sont les plus favorables au développement des acariens en comparaison avec les variétés Chétoui, Picholine, Oueslati et Zarrazi qui sont moins favorables à cette infestation. Ces variétés devraient être privilégiées dans l'établissement de nouveaux vergers d'olivier dans les conditions de culture du Sud-Est tunisien. La moindre sensibilité de la variété Meski peut être due aux éléments nutritifs plus abondants ou/et à des substances allélochimiques agissant comme agents antixénotiques et/ou antibiotiques.

À la lumière de ces résultats et vu l'importance des dégâts occasionnés à la qualité de l'huile (acidité), il serait intéressant de compléter cette étude par des analyses biochimiques se rapportant aussi bien aux aspects nutritifs de la plante hôte qu'aux éventuels mécanismes impliqués dans la résistance à ce type de ravageurs.

Références

- Ayayee P, Yang F, Rieske LK. 2014. Biomechanical properties of hemlocks: a novel approach to evaluating physical barriers of the plant-insect interface and resistance to a phloem-feeding herbivore. *Insects* 5: 364–376, doi: [10.3390/insects5020364](https://doi.org/10.3390/insects5020364).
- Barzman M, Bärberi P, Birch ANE, *et al.* 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 35: 1199–1215, doi: [10.1007/s13593-015-0327-9](https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9).
- Benitez Y, Botella MA, Trapero A, *et al.* 2005. Molecular analysis of the interaction between *Olea europaea* and the biotrophic fungus *Spilocaea oleagina*. *Mol. Plant. Pathol.* 6: 425–438.
- Castagnoli M, Oldfield GN. 1996. Other fruit trees and nut trees. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J, eds. *Eriophyid Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests* 6: 543–559, [http://dx.doi.org/10.1016/S1572-4379\(96\)80034-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1572-4379(96)80034-0)
- Çetin H, Alaoglu O. 2006. Eriophyid mites and their damage on olive trees in the Mut (Mersin) district of Turkey. *Turk. J. Entomol.* 30: 303–315.
- Çetin H, Arslan D, Ozcan A. 2010. Influence of eriophyid mites (*Aculus olearius* Castagnoli and *Aceria oleae* Nalepa (Acarina: Eriophyidae) on some physical and chemical characteristics of variety olive fruit. *J. Sci. Food Agric.* 91: 498–504.
- COI (Conseil Oléicole International). 2015. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux l'huiles de grignons d'olive. *COI.T. 15/NC n° 3/Rev 10*. Madrid: Ed. COI.
- El Modafar C, El Boustani E. 2005. The role of phenols in plant defense mechanisms. In: Regnault-Roger C, Philogène BJR, Vincent C, eds. *Biopesticides plant origin*. UK: Intercept Andover Springer-Verlag, pp. 157–172.
- Gonzalez-Coloma A, Guadano A, Gutierrez A, *et al.* 1998. Antifeedant Delphinium diterpene alkaloids. Structure-activity relationships. *J. Agric. Food Chem.* 46: 286–290.
- Harborne JB. 1988. *The Flavonoids. Advances in Research since 1980*. New-York: Chapman and Hall, doi: [10.1007/978-1-4899-2913-6](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2913-6).
- Harpaz I. 1955. Notes on the eriophyid mites of Israel. *Bull. Res. Counc. Isr.* 5: 440–444.
- Hatzinikolis EN. 1969. Acariens phytophages signalés en Grèce sur l'olivier (*Olea europaea* L.). 8^e Congrès ad hoc FAO sur la lutte contre les ravageurs et les maladies de l'olivier, Athènes, Doc de travail n° 14.
- Heredia A. 2003. Biophysical and biochemical properties of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochim. Biophys. Acta* 1620: 1–7.
- Iddles T, Read J, Sanson GD. 2003. The potential contribution of biomechanical properties to anti-herbivore defence in six Australian rainforest trees. *Aust. J. Bot.* 51: 119–128.

- Jallow MFA, Cunningham JP, Zalucki MP. 2004. Intra-specific variation for host plant use in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): implications for management. *Crop Prot.* 23: 955–964.
- Jeppson LR, Keifer HH, Baker EW. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley, USA: University of California Press.
- Keifer HH. 1939. Eriophyid studies III. *Bull. Calif. Dept. Agric.* 28: 144–162.
- Knihinicki D. 2010. Olive bud mite – *Oxyceus maxwelli*. *Industry and Investment New South Wales Government*. Fact sheet 1048, http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/353624/Olive-bud-mite-Oxyceus-maxwelli-.pdf.
- Ksantini M, Chaari M, Arous M, Ghorbel M, Saadaoui C. 1993. Essais de lutte contre les acariens ériophyides sur l'olivier en Tunisie. Série notes techniques numéro 3, Sfax, Tunisie: Institut de l'olivier.
- Lattanzio V, Arpaia S, Cardinali A, Divenere D, Linsalata V. 1996. Role of endogenous flavonoids in resistance mechanism of Vigna to Aphids. *Polyphen. Commun.* 96: 349–350.
- Lucas PW, Turner IM, Dominy NJ, Yamashita N. 2000. Mechanical defences to herbivory. *Ann. Bot.* 86: 913–920.
- Mahjoub-Boujhan D. 1997. Variations morphologiques, anatomiques et écophysiologique en rapport avec la résistance à la sécheresse chez l'olivier (*Olea europaea* L.). Thèse de docteur en sciences agronomiques. Gand (Belgique).
- Murray SL, Holmes JG, Griffin D. 1996. The benefits of positive illusions: idealization and the construction of satisfaction in close relationships. *J. Pers. Soc. Psychol.* 70: 79–98.
- Nalepa A. 1900. Zur Kenntniss der Gattung Eriophyes Sieb., em. Nal. Wien: K.K. Hof- und Staatsdruckerei.
- Nawrath C. 2006. Unraveling the complex network of cuticular structure and function. *Curr. Opin. Plant Biol.* 9: 281–287.
- Ouguas Y, Hilal A, El Hadrami I. 2006. Infestation de l'olivier par le psylle *Euphyllura olivina* Costa (Homoptera, Psyllidae) et effet biocide des extraits phénoliques oléicoles sur ses adultes dans le Haouz. Al Awamia. *Revue de la Recherche Agronomique Marocaine* 3(118–119): 3–19.
- Razmjou J, Moharramipour S, Fathipour Y, Mirhoseini SZ. 2006. Effect of cotton cultivar on performance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Iran. *J. Econ. Entomol.* 99: 1820–1825.
- Reis PR, De Oliveira AF, Navia D. 2011. First record of the olive bud mite *Oxyceus maxwelli* (Keifer) (Acari: Eriophyidae) from Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40(5): 622–624.
- Ricalde MP, Garcia F, Nava D, Loeck AE, Guimarães MDR, Coutinho EF. 2012. *Oxyceus maxwelli* (Keifer) (Acari: Eriophyidae) damaging olive tree, *Olea europaea* L., in Rio Grande do Sul State. *Cienc. Rural St. Maria* 42(5): 767–769.
- Sanson G, Read J, Aranwela N, Clissold F, Peeters P. 2001. Measurement of leaf biomechanical properties in studies of herbivory: opportunities, problems and procedures. *Austral Ecol.* 26: 535–546.
- Scutareanul P, Boon J, Clays M, Vanderdoelen G, May L, Sabelis MN. 1996. HPLC pattern and composition of leaf polyphenols in pear tree infested by *Psylla pyricola* and mechanically damaged. *Polyphen. Commun.* 2: 393–394.
- Spooner-Hart R, Tesoriero L, Hall B. 2007. Field guide to olive pests diseases and disorders in Australia. Australia: RIRDC, p. 68.
- Uccella N. 2000. Olive biophenols: biomolecular characterization, distribution and phytoalexin histochemical localization in the drupes. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 315–327.
- Wilson F, Huffaker CB. 1976. The philosophy scope and importance of biological control. In: Huffaker CB, Messenger PS, eds. Theory and practice of biological control. New-York: Academic Press.
- Wolff JP. 1968. Manuel d'analyse des corps gras. Paris: Éditions Azoulay.

Citation de l'article : Chatti-Kolsi A, Chelli-Chaabouni A, Ksantini M. 2016. Effet de l'anatomie de la feuille sur l'évolution des acariens ériophyides de l'olivier en Tunisie. *Cah. Agric.* 25: 45003.