



Réponse végétative, florifère et productive de l'olivier et variation de la composition phénolique de l'huile d'olive suite à l'utilisation de fertilisants foliaires biostimulants

Imen Zouari^{1,2}, Beligh Mechri³, Faouzi Attia⁴, Amel Mguidiche¹, Mohamed Hammami³, Mouna Mezghani Aiachi¹

¹Laboratoire de durabilité de l'oléiculture et de l'arboriculture en régions arides, Institut de l'olivier, Sousse, Rue Ibn Khaldoun, B.P.: 14, 4061, Sousse, Tunisie.

²Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, IRESA-Université de Sousse B.P.: 47, 4042, Chott Mariem, Sousse, Tunisie.

³Laboratoire de Biochimie, USCR Mass Spectrometry, LAB-NAFS/LR12ES05 « Nutrition, Aliments fonctionnels et santé vasculaire » à la faculté de Médecine de Monastir, Avenue Avicenne, 5019, Monastir, Tunisie.

⁴Equipe de recherche agronomique, Agronutrition, Avenue de l'Orchidée, 3, 31390, Carbonne, France.

*Auteur de correspondance: imen_zouaring@yahoo.fr

Reçu 15 novembre 2021; Révisé 4 janvier 2022; Accepté 11 février 2022

Résumé

La fertilisation foliaire est pratiquée pour compléter les besoins de l'olivier afin d'améliorer les rendements tout en respectant l'environnement. L'apparition de nouveaux intrants tels que les biostimulants permet de stimuler les processus naturels afin d'améliorer l'absorption des nutriments et leur efficacité, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des cultures. Ce travail de recherche intervient donc pour tester différents fertilisants et biostimulants, appliqués à différentes périodes du cycle biologique de l'olivier. Deux produits fertilisants, F1 riche en azote (N) et F2 riche en bore (B) appliqués avant floraison et un produit biostimulant F3 riche en calcium (Ca), appliqué durant le grossissement des fruits ont été testés et appliqués deux années de suite sur des oliviers de la variété Chemlali cultivée en pluvial. L'effet de ces applications sur la croissance végétative et les potentialités florifères de l'olivier durant deux années de traitements foliaires a été étudié. Après deux années de fertilisation, la production cumulée a été calculée et l'huile d'olive a été extraite pour déterminer la teneur en polyphénols totaux ainsi que le profil des composés phénoliques.

Une année après la fertilisation foliaire, seul le traitement F1 riche en azote a amélioré la croissance végétative en longueur et en épaisseur. Après deux années de fertilisation, tous les traitements ont amélioré la croissance végétative. La densité florifère a été améliorée suite à l'application du traitement riche en azote. Le traitement F3 à base de calcium a montré la production cumulative la plus élevée. Le composé phénolique le plus abondant est l'oleuropéine aglycone (OA). Le traitement F3 riche en calcium a augmenté la teneur de la majorité des composés phénoliques. Ce travail a montré que les traitements foliaires peuvent améliorer les potentialités végétatives et productives de l'olivier et optimiser la qualité de l'huile d'olive, particulièrement le traitement F3 riche en calcium.

Mots-clés : olivier, fertilisation foliaire, potentialités végétatives et florifères, production, huile d'olive, composés phénoliques.

Abstract

Foliar fertilization is practiced to supplement the needs of the olive tree in order to improve yields while respecting the environment. The appearance of new inputs such as biostimulants helps stimulate natural processes in order to improve nutrient uptake and efficiency, tolerance to abiotic stress and crop quality. This research aimed to test different fertilizers and biostimulants, applied at different periods of the biological cycle of the olive tree. Two fertilizers, F1 rich in nitrogen and F2 rich in boron applied before flowering and a biostimulant F3 rich in calcium, applied during fruit growth were tested and applied during two successive years in a row on rain-fed olive trees of the Chemlali variety. The effects of these applications on the vegetative growth and flowering potential of the olive tree during two years of foliar treatments were studied. After two years of fertilization, the cumulative production was calculated and the olive oil was extracted to determine the content of total polyphenols as well as the phenolic compounds profile.

One year after foliar fertilization, the treatment F1 rich in nitrogen improved the vegetative growth in length and thickness. After two years of fertilization, all treatments improved the vegetative growth. Flowering density was improved following the application of the treatment rich in nitrogen. Calcium-based treatment F3 showed the highest cumulative production. The most abundant phenolic compound is oleuropein aglycone. The treatment F3 rich in calcium-increased the content of the majority of phenolic compounds. This work has shown that foliar treatments can improve the vegetative and productive potential of the olive tree and optimize the quality of olive oil, particularly for the treatment F3 rich in calcium.

Key words: Olive tree, Foliar fertilization, Vegetative growth and flowering potential, Production, Olive oil, Phenolic compounds.

1. Introduction

L'oléiculture est un secteur stratégique en Tunisie puisqu'elle joue un rôle économique, environnemental et social (ONAGRI, 2020). La demande globale en huile d'olive est en moyenne de 2,9 millions de tonnes (ONAGRI, 2020). La Tunisie se classe en deuxième rang mondial après l'union européenne en termes de production de l'huile d'olive. Cependant la production est fluctuante sur le plan quantitatif en raison du phénomène d'alternance biologique de l'olivier et sur le plan qualitatif en raison des conditions climatiques extrêmement aléatoires ainsi que la transformation des olives ce qui peut amener à avoir des qualités différentes de l'huile d'olive (Extra vierge, vierge, courante et lampante). Plusieurs facteurs et problèmes contribuent à cette fluctuation comme les pratiques agronomiques, les facteurs génétiques, les conditions climatiques et une gestion inadéquate des vergers (Jackson et al., 2015).

Les oliviers sont connus pour tolérer une faible fertilité du sol mais la nutrition minérale reste un élément primordial pour améliorer le rendement en fruits et la qualité de l'huile (Fernández-Escobar et al., 2006). De grandes quantités d'engrais chimiques sont appliquées aux arbres pour optimiser la production de fruits ce qui engendre la pollution de l'environnement (Baghdady et al., 2014).

Les biostimulants sont aujourd'hui utilisés dans la gestion de la nutrition minérale afin de stimuler le développement des plantes et de minimiser l'utilisation massive d'engrais chimiques. Ils peuvent être définis comme des produits contenant des substances et/ou des micro-organismes dont la fonction, lorsqu'elle est appliquée sur des plantes ou sur la rhizosphère, est de stimuler les processus naturels afin d'améliorer/de favoriser l'absorption de nutriments, l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des cultures (EBIC, 2013). Les biostimulants sont utilisés aussi pour améliorer l'absorption des nutriments et stimuler les mécanismes de tolérance liés au stress (Kunichki et al., 2010). La fertilisation foliaire est une méthode respectueuse de l'environnement car elle permet l'application de faibles doses, une distribution uniforme et une réponse plus rapide de l'arbre aux éléments minéraux appliqués (Mengel, 2002). Elle a été introduite dans les oliveraies pluviales pour obtenir des rendements plus élevés pour l'industrie de l'huile d'olive (Pastor, 2005).

Le rôle que jouent les nutriments pendant la phase de croissance de l'olivier est très importante surtout pendant la période de floraison qui est la principale étape du cycle annuel des oliviers influençant leur productivité. Ainsi une meilleure connaissance des facteurs influençant les différents paramètres de floraison est primordiale pour l'amélioration du rendement des oliviers. L'azote est un élément essentiel à l'olivier pour la croissance végétative et la production de fruits car il augmente les niveaux de chlorophylle dans les

feuilles et de la photosynthèse (Kailis et Harris, 2007). Le calcium joue un rôle dans le maintien de la chlorophylle (Schmitz-Eiberger et al., 2002) ainsi que dans les processus de floraison et des tissus reproducteurs (Cakmak et Kirkby, 2008). Parmi les micronutriments, le bore est important pour la croissance et le développement de plantes saines et joue un rôle important dans la germination du pollen et la croissance du tube pollinique (Brown et al., 2002). L'olivier est considéré comme ayant un grand besoin en bore dont la carence est fréquente dans les sols sableux et calcaires à pH élevé (Liakopoulos et al., 2005).

Parmi les produits de l'olivier, l'huile d'olive est un ingrédient alimentaire fondamental reconnu pour ses qualités nutritionnelles et ses bienfaits potentiels pour la santé (Waterman & Lockwood, 2007). En effet, en raison de ses niveaux élevés d'acides gras monoinsaturés (principalement l'acide oléique), l'huile d'olive a des rôles spécifiques dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Covas et al., 2006) et dégénératives comme la maladie d'Alzheimer (Scarmeas et al., 2006). Elle contient également un groupe de composés mineurs avec une activité antioxydante élevée. Parmi ces composés, on peut signaler les composés phénoliques, qui ont des effets nutritionnels, protègent les huiles contre l'oxydation et sont liés à certaines caractéristiques sensorielles qui la caractérisent des autres huiles végétales. Ces composés sont impliqués dans la grande stabilité et le goût particulier de l'huile d'olive. Les o-diphénols sont les principaux antioxydants naturels de l'huile d'olive (Visioli & Galli, 2002). Les alcools phénoliques les plus importants dans l'huile d'olive sont le tyrosol et l'hydroxytyrosol. L'oleuropéine est le sécoiridoïde le plus commun dans l'huile d'olive (Malheiro et al., 2015). Un autre composé qui a été aussi identifié dans l'huile d'olive est l'oléocanthal (Bianco et al., 2006). Les composés phénoliques peuvent être influencés par plusieurs facteurs tels que les facteurs agronomiques, environnementaux et technologiques.

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de la fertilisation sur la productivité, la biologie florale (Fernandez-Escobar et al., 2008), le statut minéral et la synthèse des carbohydrates (Zouari et al., 2020a) et la qualité des produits (Tekaya et al., 2013, 2014 ; Dabbaghi et al., 2019 ; Zouari et al., 2020b). Mais peu de travaux se sont intéressés à l'étude de l'effet de la fertilisation sur les composés phénoliques de l'huile d'olive (Ruiz et al., 2003 ; Ochmian, 2012). L'objectif du présent travail est d'étudier les effets d'un apport exogène d'azote, de bore et de calcium par fertilisation foliaire sur des paramètres agronomiques et sur les composés phénoliques de l'huile d'olive (Variété Chemlali).

2. Matériel et méthodes

2.1. Site expérimental et traitements

Le site d'étude est une parcelle située dans la localité de Sahline (Gouvernorat de Monastir, Tunisie). Cette zone présente les caractéristiques géographiques

suyvantes : Altitude = 18 m, Longitude = 10°71' Est ; Latitude de 35°75' Nord. C'est une oliveraie à huile conduite en pluvial avec une densité de plantation de 100 plants à l'hectare. Les oliviers sont âgés de 26 ans, issus de la principale variété tunisienne «Chemlali» qui est une variété à huile. L'étude de l'aspect textural de la parcelle d'étude a montré que le sol de l'oliveraie est un sol de texture sablo-argileuse aussi bien en surface qu'en profondeur. Les résultats de l'analyse chimique du sol, au niveau des deux horizons, sont représentés dans le Tableau 1. et ont démontré qu'il a un pH alcalin. Les potentialités azotées du sol sont considérées très faibles, très inférieures au seuil standard (1 à 1,5 % N total) (Fernández-Escobar et al., 2012).

Tableau 1: Caractéristiques chimiques du sol de la parcelle expérimentale

Profondeur (cm)	0-30	30-60
Azote total (%)	0,07	0,076
Potassium échangeable (%)	0,03	0,08
Phosphore assimilable (P ₂ O ₅) (ppm)	0,81	0,39
Sodium (%)	0,21	0,15
calcium (%)	1,06	1,49
Calcaire total (Ca CO ₃) (%)	21,63	17,53
PH	7,48	7,59
Matière organique (%)	1,15	1
Conductivité électrique (mmohs cm ⁻¹)	2,5	2,45

Le climat de la région d'étude est caractérisé par un climat tempéré. Les variations mensuelles de température et de précipitations sont présentées dans la Figure 1.

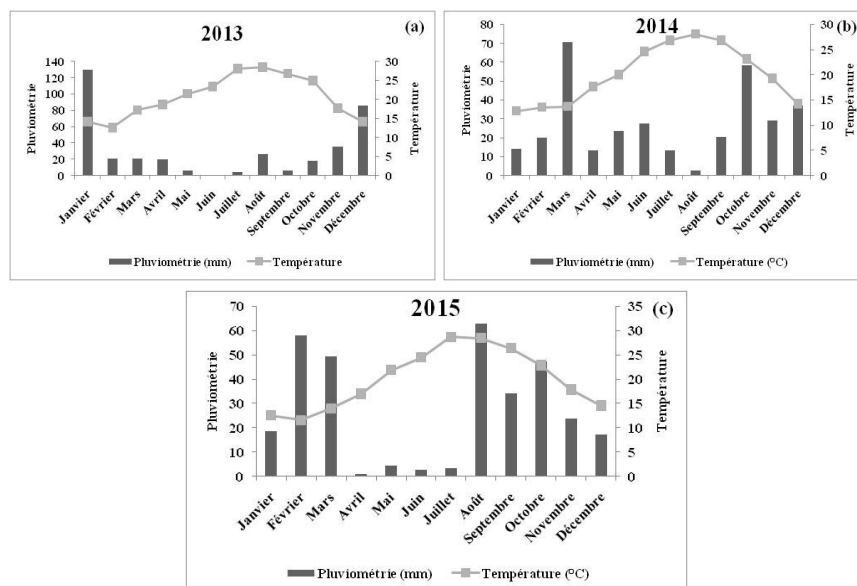


Figure 1. Température moyenne mensuelle et pluviométrie mensuelle du site d'étude pendant les trois années 2013 (a), 2014 (b) et 2015 (c)

Les précipitations annuelles enregistrées pour les années 2013, 2014 et 2015 sont égales respectivement à 247,7 ; 329,69 mm et 322,1 mm, concentrées principalement dans la période allant de l'automne au printemps. Concernant la température moyenne, elle est égale à 20,50 ; 20,08°C et 20,01°C respectivement pour les années 2013, 2014 et 2015.

Le dispositif expérimental est un dispositif en blocs complètement aléatoires avec 3 blocs pour chaque traitement. Chaque bloc est constitué de 3 arbres et la surface est égale à 800 m². Chaque traitement foliaire a été entouré par des oliviers de garde afin de minimiser l'interaction entre les différents traitements foliaires.

Différents produits ont été utilisés seuls ou combinés à différentes périodes clés du cycle végétatif : démarrage végétatif, floraison et sclérisation de l'endocarpe, selon un calendrier bien spécifique (Tableau 2). Ces produits sont testés sur plusieurs arbres durant deux années successives 2014 et 2015 et ont été appliqués par pulvérisation sur la frondaison.

Tableau 2. Calendrier d'application des traitements F1, F2 et F3

	1 ^{ère} année (2014)		2 ^{ème} année (2015)			
	1 ^{ère} application	2 ^{ème} application	1 ^{ère} application		2 ^{ème} application	
F1	Avant démarrage végétatif	10 jours après	Avant démarrage végétatif		10 jours après	
F2	Avant départ floral	10 jours après	Avant départ floral		10 jours après	
	1 ^{ère} application	2 ^{ème} application	3 ^{ème} application	1 ^{ère} date application	2 ^{ème} date application	3 ^{ème} date application
F3	Sclérisation de l'endocarpe	15 jours après	15 jours après	Sclérisation de l'endocarpe	15 jours après	15 jours après

Deux produits F1 et F2 sont appliqués durant les premiers stades phénologiques alors qu'un troisième produit F3 est appliqué durant un stade avancé du cycle biologique de l'olivier. Ainsi les traitements se présentent comme suit :

- F1 : traitement à base d'un fertilisant de formulation liquide qui consiste à un apport d'azote sous forme d'urée formaldéhyde associée à un équilibre d'oligo-éléments améliorant l'efficacité de l'azote dans la plante. Il est appliqué à une concentration de 5% (5 litres de produit dans 100 litres d'eau) avant démarrage végétatif et 10 jours plus tard. La composition de ce produit est comme suit : Azote (355 g L⁻¹), bore (0,215 g L⁻¹), cuivre (0,085 g L⁻¹), fer (0,5 g L⁻¹), manganèse (0,53 g L⁻¹), molybdène (0,02 g L⁻¹) et zinc (0,43g L⁻¹).
- F2 : traitement à base d'un engrais foliaire biostimulant de formulation liquide qui associe un extrait d'algues marines (*Ascophyllum Nodosum*) à un

équilibre minéral. Il est appliqué à une concentration de 2% (2 litres de produits dans 100 litres d'eau), appliqué avant le départ floral et 10 jours plus tard. La composition de ce produit est comme suit : Magnésium (50 g L^{-1}), soufre (111 g L^{-1}), bore (27 g L^{-1}) et manganèse (10 g L^{-1}).

- F3 : traitement à base d'un engrais foliaire biostimulant riche en calcium (160 g L^{-1}) appliqué à une concentration de 3% (3 litres de produit dans 100 litres d'eau). Ce produit est appliqué à trois reprises pour chaque année durant les premières étapes du grossissement des fruits et plus précisément durant la sclérification de l'endocarpe. Les applications sont espacées de 15 jours selon le calendrier suivant (Tableau 2).

Trois blocs d'arbres non traités (pas de fertilisation foliaire), ayant reçu un apport d'eau par pulvérisation avec la même quantité que les traitements, ont été utilisés comme témoins (C) pour être comparés à tous les traitements foliaires.

2.2. Paramètres

2.2.1. Croissance végétative, potentialités florifères et production

La croissance végétative a été suivie sur les rameaux de trois arbres de chaque bloc et de chaque traitement choisis lors du démarrage végétatif. Les rameaux marqués sont représentatifs de l'état de végétation des arbres et ont été choisis selon les critères suivants : rameaux sains à bourgeon terminal non abimé et ayant une longueur entre 15 et 20 cm et ne possédant pas une ramification secondaire (classe des rameaux la plus représentative). L'évolution de la croissance primaire (allongement des pousses) et de la croissance secondaire des rameaux (accroissement du diamètre des pousses) a été suivie périodiquement à l'aide d'un pied à coulisse pour les deux années 2014 et 2015 du mois de Mars jusqu'au Septembre (date fixée de fin de mesures). L'allongement du rameau ainsi que la croissance en épaisseur ont été évalués à la fin des mesures.

L'étude de la biologie florale a été consacrée aux traitements C, F1, F2 pour la première année 2014 et aux traitements C, F1, F2 et F3 pour la deuxième année 2015 vu que le traitement F3 est appliqué à un stade phénologique tardif de la première année d'étude. Afin de caractériser la floraison à l'échelle du rameau fructifère au stade boutons blancs (stade E) de la phénologie florale, trois rameaux fructifères, d'une longueur comprise entre 25 et 30 cm, ont été sélectionnés par arbre et par bloc de traitements. Le nombre d'inflorescences/cm de rameau fructifère et le nombre de fleurs/cm de rameau fructifère ont été déterminés sur le même rameau.

A l'échelle de la grappe florale, les paramètres suivants ont été étudiés : le nombre moyen de fleurs par inflorescences et le pourcentage de fleurs parfaites par inflorescence.

La production cumulée sur chaque arbre par bloc et par traitement a été déterminée après deux années de fertilisation foliaire.

2.2.2. Extraction de l'huile d'olive

Suite aux fertilisations foliaires et au stade récolte (stade de maturité 4), des fruits sains et frais (1,5 à 2 kg) ont été prélevés d'emplacements aléatoires de chaque arbre par bloc et par traitement. Les échantillons sont directement transférés au laboratoire et lavés à l'eau distillée pour éliminer toute trace de poussière. Afin d'éviter une perte de la qualité de l'huile d'olive et une dégradation indésirable pendant le stockage et le transport, l'huile est extraite à l'aide d'un oléodoseur (type Abencor) de laboratoire qui assure l'extraction diphasique de l'huile d'olive et qui simule les conditions d'extraction dans l'industrie. Chaque échantillon est trituré dans un broyeur à marteaux. La pâte obtenue est malaxée pendant 30 minutes à 25°C pour faciliter la séparation de l'huile. Enfin, l'huile est extraite en soumettant la pâte malaxée à une centrifugation dans un décanteur à deux phases (3500 rpm pendant une 1 minute à température ambiante). L'huile d'olive séparée de la phase solide a été soumise à une décantation pendant 24 heures et l'huile obtenue a été conservée dans des flocons en verre foncé à température ambiante, puis conservée à l'obscurité jusqu'à l'analyse.

2.2.3. Polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été quantifiés par colorimétrie selon la méthode de Montedoro et al. (1992). Les composés phénoliques ont été isolés par double extraction d'une solution d'huile dans un mélange méthanol/Tween 20. Le réactif de Folin-Ciocalteu a été ajouté à une quantité appropriée des extraits, et l'absorption de la solution a été mesurée à 765 nm. Les valeurs sont données en mg d'acide gallique par kilogramme (kg^{-1}) d'huile.

2.2.4. Composition en polyphénols individuels

L'identification et la quantification des différents composés phénoliques a été faite par Chromatographie en phase liquide haute performance (HPLC) selon la méthode de Brahmi et al. (2013). Le système utilisé est un Hewlett Packard (Waldbronn, Germany). L'identification des composés phénolique a été faite grâce à l'injection préalable d'une gamme de standards. Chaque temps de rétention correspond à un standard bien déterminé. La concentration des différents polyphénols individuels présents dans les extraits méthanoliques de l'huile d'olive a été faite selon la méthode de l'étalonnage interne en utilisant l'acide syringique comme un étalon interne.

Les extraits méthanoliques d'huile d'olive des différents échantillons ont été filtrés et injectés directement dans le système HPLC équipé d'une pompe HP-1100, d'un injecteur Rheodyne modèle 7725 (Cotati, CA, USA, volume de boucle 20 μl), d'un détecteur ultraviolet (280 nm) et d'une colonne de type C18 Technochrom Eurosphere 100 (4,6 mm x 250 mm, 5 μm).

2.3. Analyses Statistiques

Les données des différents paramètres étudiés qui ont fait l'objet de l'étude des effets de la fertilisation foliaire, ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS

(version 16.0) par l'analyse de la variance (ANOVA) et l'analyse de la comparaison des moyennes par le test Duncan au seuil de 5% afin de trouver des différences significatives entre les traitements. Les valeurs des différents paramètres étudiés ont été exprimées en moyenne \pm écart-type, le nombre de mesure spécifié dans chaque cas (n=3).

3. Résultats et discussion

3.1. Effet de la fertilisation foliaire sur les paramètres agronomiques

Le tableau 3 présente l'allongement moyen des pousses selon les traitements appliqués ainsi que l'accroissement du diamètre durant deux années consécutives 2014 et 2015. Le suivi de cette croissance a été fait du mois de Mars jusqu'à Septembre. Pour l'année 2014, une année après l'application des traitements fertilisants, les résultats montrent que le traitement F1 a amélioré la croissance végétative (allongement) par rapport au témoin avec une différence de valeur égale à 3 cm. En effet ce traitement a reçu l'azote dans le programme de la fertilisation foliaire ce qui peut expliquer le résultat de croissance qui est plus important que le témoin.

L'effet de l'azote a été démontré par d'autres chercheurs (Sharma et al., 2011) travaillant sur l'olivier cultivé en pluvial et qui ont noté une augmentation de la croissance végétative suite à une fertilisation foliaire riche en azote (1%). Concernant la croissance en épaisseur tous les traitements ont engendré une augmentation de l'accroissement du diamètre par rapport au témoin et spécialement chez le traitement F1 (0,67 mm).

Tableau 3. Croissance végétative en longueur et en épaisseur chez les arbres des différents traitements foliaires pour les deux années 2014 et 2015

Année	Traitement	Allongement du rameau (cm)	Accroissement du diamètre (mm)
2014	C	0,67 \pm 0,52 b	0,37 \pm 0,12 b
	F1	3,00 \pm 3,79 a	0,67 \pm 0,27 a
	F2	0,00 \pm 0,00 b	0,58 \pm 0,17 ab
	F3	0,50 \pm 0,55 b	0,43 \pm 0,16 ab
2015	C	0,17 \pm 0,41 b	0,28 \pm 0,08 a
	F1	2,08 \pm 1,74 a	0,52 \pm 0,43 a
	F2	0,42 \pm 0,80 b	0,35 \pm 0,14 a
	F3	0,83 \pm 1,17 ab	0,45 \pm 0,21 a

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écartype (n = 3). Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes montrent des différences statistiquement significatives entre les traitements ($P \leq 0,05$) selon le test de Duncan pour chaque paramètre et chaque année.

Concernant l'année 2015, tous les traitements ont amélioré la croissance végétative en longueur passant de 0,17 cm chez le témoin à 2,08 cm pour le traitement F1 qui a reçu de l'azote. Pour la croissance en épaisseur, elle a été améliorée sous l'effet des différents traitements. La plus élevée a été observée chez le traitement F1 (riche en azote) avec une valeur égale à 0,52 mm.

Le nombre de fleurs et le nombre d'inflorescences (Figure 2 a et b) sont ramenés par centimètre linéaire de rameau pour les années 2014 et 2015. Les résultats montrent que le traitement F1 (riche en azote) a amélioré nombre de fleurs par centimètre de rameau pour l'année 2014 par rapport au témoin avec une différence significative et une valeur égale à 13,74 fleurs par cm de rameau. Le traitement F2 (A base de bore), présente la valeur la plus faible qui est de l'ordre de 5,44 fleurs par cm de rameau. Ces résultats corroborent ceux d'Erel et al. (2008) qui ont examiné l'effet d'un apport de macro-éléments minéraux à la floraison et ont trouvé qu'une disponibilité adéquate d'azote influence positivement l'intensité florifère chez l'olivier. Therios (2006), travaillant sur l'olivier, a aussi noté une diminution du nombre de fleurs suite à un manque d'azote. De plus, suite à une application foliaire riche en azote, phosphore et potassium, Dabbaghi et al. (2018) ont noté une augmentation significative du nombre de fleurs par cm de rameau chez l'olivier. En ce qui concerne le nombre d'inflorescences par cm de rameau, pas de différence significative entre les traitements et le témoin a été notée. Cependant la valeur la plus élevée appartient au traitement simple F1 et est égale à 0,68 inflorescences par cm de rameau.

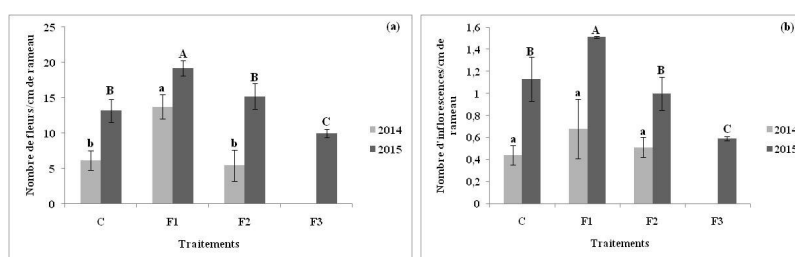


Figure 2. Nombre de fleurs (a) et nombres d'inflorescences (b) par centimètre de rameau pour les années 2014 et 2015 (Les différentes lettres minuscules pour 2014 et majuscules pour 2015 indiquent des valeurs significativement différentes à $P \leq 0,05$ selon le test de Duncan. Chaque point est la moyenne de trois valeurs par traitement. Les valeurs sont des moyennes \pm écart types représentés par des barres verticales)

De même pour l'année 2015 (Figure 2.a), la valeur la plus élevée du nombre de fleurs par cm de rameau avec une différence significative, est présente chez le traitement simple F1, avec une valeur égale à 19,19 fleurs par cm. Le traitement simple F1 a montré une valeur significativement plus élevée que celle notée chez le témoin (C) concernant le nombre d'inflorescences par cm de rameau. Cette valeur est égale à 1,51 inflorescence par cm de rameau. Le traitement F3 appliqué durant le grossissement des fruits n'a pas amélioré la densité florifère pendant l'année 2015. De même Dabbaghi et al. (2018) n'ont pas trouvé d'effet sur le nombre de fleurs par cm de rameau suite à la fertilisation à base de Ca chez la variété 'Chemlali'. En effet, le Ca est un élément important pour les arbres, affectant la croissance et la stabilité des

tiges (Littke et Zabowski, 2007). Schmitz-Eiberger et al. (2002) ont signalé le rôle important de Ca^{2+} dans le maintien de la chlorophylle. Le calcium est fixé sur les macromolécules qui forment les composantes acides des parois cellulaires (Darr et West, 1996). Par conséquent il ne joue pas un rôle fondamental dans la densité florifère à l'échelle du rameau.

Concernant la grappe florale, les deux années montrent une augmentation du nombre de fleurs par inflorescence chez tous les traitements à l'exception du traitement F2 (riche en bore) en 2015 (Figure 3.a). Le traitement F1 a montré la valeur la plus élevée pour le nombre de fleurs par inflorescence durant l'année 2014 qui est égale à 16,13 fleurs par inflorescence. En général, le nombre de fleurs augmente lorsqu'il y a une disponibilité de l'élément azote. Erel et al. (2013) ont noté le nombre le plus élevé de fleurs par inflorescence qui a correspondu à la teneur d'azote la plus élevée chez l'olivier variété 'Barnea', ce qui est équivalent à notre étude. En effet, Le nombre de fleurs par inflorescence le plus élevé a été noté chez le traitement F1 qui a montré la concentration la plus élevée d'azote (données non affichées).

Pour l'année 2015, le traitement F3 (à base de calcium) appliqué durant un stade phénologique avancé, a montré le nombre de fleurs par inflorescence le plus élevé avec une valeur égale 15,27 fleurs. Cependant cette différence n'est pas significative par rapport au témoin. Le mouvement du calcium dans la plante est passif (Ryugo, 1988) et un manque en cet élément au cours de l'année précédente, c'est-à-dire avant l'application du traitement F3 (riche en Ca) peut être à l'origine de la chute des fruits ce qui a favorisé la densité florifère au cours du cycle postérieur. En effet le calcium est un élément indispensable pour la structure de la paroi cellulaire et son déficience limite la résistance des parois pectocellulosiques et par conséquent la fragilité et la chute des fruits (Afidol, 2019).

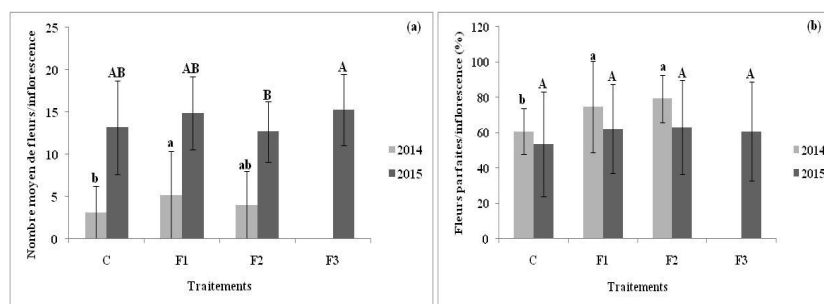


Figure 3. Nombre moyen de fleurs par inflorescence (a) et pourcentage des fleurs parfaites par inflorescence (b) chez les différents traitements en 2014 et en 2015 (Les différentes lettres minuscules pour 2014 et majuscules pour 2015 indiquent des valeurs significativement différentes à $P \leq 0,05$ selon le test de Duncan. Chaque point est la moyenne de trois valeurs par traitement. Les valeurs sont des moyennes \pm écart types représentés par des barres verticales).

Concernant la qualité des fleurs, durant la première année d'étude (2014), une augmentation du pourcentage de fleurs parfaites a été notée chez les deux traitements F1 et F2 par rapport au témoin (Figure 3.b). La valeur la plus élevée a été notée chez le traitement simple riche en bore F2 (contenant l'azote) et a été égale à 79,29%. Petri (1916) a attribué un rôle important de la déficience en azote dans l'avortement du pistil. Dans leur étude sur l'olivier, Fernández-Escobar et al. (2008) ont noté un nombre de fleurs parfaites par inflorescence et un pourcentage d'inflorescences fertiles plus élevés à des teneurs d'azote respectivement élevées et adéquates et une tendance d'avortement du pistil associée à une déficience d'azote qui est en accordance avec nos résultats. Dans l'étude de Larbi et al. (2011), malgré l'augmentation des bourgeons floraux, le pourcentage des fleurs staminées n'a pas été affecté par la fertilisation foliaire à base de bore (300 mg/L) ce qui est différent à nos résultats puisque notre étude montre l'effet de la fertilisation riche en bore sur la qualité des fleurs. Ceci est peut être du au fait que la concentration en B est plus faible à celle de notre étude. Concernant l'année 2015, pas de différence significative a été observée entre les différents traitements. Il est important de signaler que les valeurs du pourcentage de fleurs parfaites ont été plus faibles durant l'année 2015 par rapport à l'année précédente. Ceci peut être expliqué par le fait que les teneurs foliaires en N au cours de l'année 2015 chez tous les traitements et le témoin sont plus faibles que celles de l'année 2014 (résultats non affichés). La nutrition en azote a eu la tendance d'augmenter la quantité et la qualité des fleurs (Erel et al., 2013 ; Fernández-Escobar et al., 2008).

Le traitement simple F3 (riche en calcium) a montré la production cumulée la plus élevée suivi par les traitements simple F1 (riche en azote) et F2 (riche en bore et magnésium). Plusieurs auteurs ont trouvé aussi des résultats similaires aux nôtres suite à une fertilisation foliaire riche en azote (Rufat et al., 2014), magnésium (Thanaa et al., 2017). Sarwiy et al. (2012) ont trouvé un effet positif de l'application foliaire de Ca sur la production du palmier dattier. Les conditions difficiles sont connues de diminuer la production chez différentes cultures (Santos et Ochoa, 1996). Ces résultats sont donc d'un grand intérêt car ils ont montré que l'application d'éléments minéraux à des concentrations adéquates augmente la production dans des conditions difficiles pluviales.

Tableau 4. Production cumulée de deux années consécutives 2014 et 2015 des oliviers ayant reçus les différents traitements

Traitement	Production Cumulée (kg/Arbre)
C	22,33 ± 4,62 b
F1	24 ± 4 b
F2	38,33 ± 5,77 a
F3	45 ± 8,66 a

Les valeurs sont des moyennes \pm écartype ($n = 3$). Les moyennes dans la même colonne avec des lettres différentes montrent des différences statistiquement significatives entre les traitements ($P \leq 0,05$) selon le test de Duncan.

3.2. Effet de la fertilisation foliaire sur la composition phénolique de l'huile d'olive

L'analyse des composés phénoliques dans l'huile d'olive issue des différents traitements (F1, F2 et F3) après deux années successives de fertilisation foliaire, montre un changement significatif dans le profil phénolique de l'huile d'olive de la variété Chemlali (Tableau 5). Le composé phénolique le plus abondant est l'oleuropéine aglycone (OA). Ce résultat corrobore celui de Dabbaghi et al. (2019) étudiant la composition phénolique de la variété Chemlali et qui ont constaté que l'OA est le composé majoritaire.

Tableau 5. Composition phénolique (mg kg^{-1}) de l'huile d'olive sous l'effet de la fertilisation foliaire avec C, F1, F2 et F3

Composés phénoliques (mg kg^{-1} huile)	Traitements			
	C	F1	F2	F3
Hydroxytyrosol	31,84 \pm 3,66 a	23,12 \pm 4,29 b	19,15 \pm 0,93 b	34,59 \pm 3,70 a
Tyrosol	44,79 \pm 0,74 b	40,62 \pm 0,35 c	42,06 \pm 0,09 bc	55,79 \pm 3,79 a
DOA	60,68 \pm 0,92 b	49,05 \pm 2,73 c	58,23 \pm 2,22 b	88,59 \pm 7,71 a
Lutéoline	54,80 \pm 3,03 b	42,62 \pm 6,43 c	35,76 \pm 0,11 c	66,77 \pm 6,71 a
Pinorresinol	45,68 \pm 2,07 b	71,26 \pm 0,20 a	52,64 \pm 0,12 b	69,54 \pm 7,33 a
DLA	24,28 \pm 0,86 a	19,91 \pm 0,51 b	16,43 \pm 0,71 c	20,55 \pm 1,48 b
Acetoxypinoresinol	35,58 \pm 1,31 b	32,21 \pm 1,39 bc	28,03 \pm 1,76 c	60,28 \pm 5,78 a
Apigenin	11,68 \pm 0,30 b	11,30 \pm 0,24 b	11,40 \pm 0,54 b	18,99 \pm 1,50 a
OA	158,71 \pm 4,14 b	104,11 \pm 1,84 c	94,17 \pm 1,47 c	178,38 \pm 12,43 a
LA	89,59 \pm 4,79 a	62,82 \pm 3,50 c	44,35 \pm 1,68 d	80,30 \pm 5,35 b
Phénols totaux	1300,61 \pm 12,27 a	1088,34 \pm 21,56 b	1053,58 \pm 24,37 b	1343,15 \pm 101,43 a

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écartype ($n = 3$). Les moyennes dans la même ligne avec des lettres différentes montrent des différences statistiquement significatives entre les traitements ($P \leq 0,05$) selon le test de Duncan pour chaque paramètre. DOA : decarboxymethyl oleuropein aglycone; DLA : decarboxymethyl ligstroside aglycone; LA : ligstroside aglycone et OA : oleuropein aglycon.

La valeur la plus élevée avec une différence significative en ce composé (OA), est présente chez le traitement F3 (Biostimulant riche en calcium) et qui est égale à $178,38 \pm 12,43 \text{ mg kg}^{-1}$ comparée à celle présente chez le témoin C ($158,71 \pm 4,14 \text{ mg kg}^{-1}$). Ce traitement a montré aussi des valeurs plus élevées en d'autres composés phénoliques par rapport au témoin à l'exception des composés decarboxymethyl ligstroside aglycone (DLA) et ligstroside aglycone (LA). Des résultats similaires ont été trouvés par Dabbaghi et al. (2019) qui ont étudié aussi l'effet d'un traitement foliaire riche en calcium sur les composés phénoliques. D'autres auteurs ont montré que l'application

foliaire d'un fertilisant à base de calcium a augmenté la teneur en polyphénols dans les fruits (Ochmian, 2012) induisant une amélioration de la qualité de l'huile d'olive compte tenu de sa richesse en composés bénéfiques pour la santé humaine. En effet, l'OA qui est le composé phénolique le plus important dans l'huile d'olive, possède des potentialités antioxydantes dû à son groupe hydroxytyrosol (Di Maio et al., 2013). D'autre part, chez d'autres espèces comme le *Citrus limon*, Castañeda et Pérez (1996) ont démontré que le calcium (Ca^{2+}) a exercé une influence positive sur l'activité de l'enzyme phénylalanine ammonia lyase PAL. Ruiz et al. (2003) ont aussi observé que l'application foliaire de Ca^{2+} a un effet positif sur l'activité de PAL, polyphénol oxydase (PPO), et la peroxydase (POD) et, par conséquent, l'accumulation des polyphénols. Le tyrosol qui constitue avec l'oleuropéine aglycone des composés phénoliques responsables de la stabilité de l'huile d'olive ainsi que de son goût particulier, a augmenté significativement sous l'effet du traitement F3 avec une valeur égale à $55,79 \pm 3,79 \text{ mg kg}^{-1}$. Parallèlement à la majorité des composés phénoliques, la teneur en polyphénols totaux a été la plus élevée chez le traitement F3 (riche en calcium) avec une valeur égale à $1343,15 \pm 101,43 \text{ mg kg}^{-1}$. Concernant les traitements F1 et F2, les teneurs en polyphénols totaux de l'huile d'olive ont diminué significativement par rapport au témoin avec des valeurs égales à $1088,34 \pm 21,56 \text{ mg kg}^{-1}$ et $1053,58 \pm 24,37 \text{ mg kg}^{-1}$. D'autres auteurs ont trouvé une corrélation négative entre la fertilisation riche en N et ces composés phénoliques (Dabbaghi et al., 2019). En effet les traitements F1 et F2 sont respectivement à base de fertilisant et de biostimulant contenant l'azote.

4. Conclusion

L'étude de l'effet de la fertilisation foliaire à base d'éléments minéraux et de biostimulants sur les potentialités végétatives et florifères, la production ainsi que les composés phénoliques de l'huile d'olive a permis de montrer des variations entre les traitements.

Une amélioration de la croissance végétative et du potentiel florifère est constatée durant les deux années d'étude et surtout sous l'effet du traitement riche en azote (F1). La nutrition minérale riche en azote a eu la tendance d'augmenter la quantité et la qualité des fleurs. La production a augmenté sous l'effet de tous les traitements foliaires. Le composé phénolique le plus abondant dans l'huile d'olive est l'oleuropéine aglycone (OA) suivi par l'hydroxytyrosol. Le traitement F3 riche en calcium et appliqué durant le grossissement des fruits, a induit les concentrations les plus élevées de la majorité des composés phénoliques.

A la lumière des résultats précédents, il y a lieu de recommander uniquement le traitement F1 (riche en azote) pour l'amélioration des paramètres végétatifs et florifères et F3 (riche en calcium) pour une meilleure concentration de l'huile en composés phénoliques.

De nombreuses perspectives sont envisageables pour la poursuite de la présente étude. Elles pourraient s'intéresser à l'intégration de nouveaux produits avec des compléments nutritionnels, dans des itinéraires techniques optimisés, agissant à travers la stimulation des systèmes naturels de défenses, aux côtés de la spécificité variétale, revêtant aujourd'hui un intérêt certain.

Références

Afidol 2019. L'olivier - Les fiches techniques de France Olive: Le Brunissement. Disponible à l'adresse : <https://afidol.org/oleiculteur/autres-maladies-ravageurs/le-brunissement/> (Dernière consultation le 29/01/2022).

Baghdady G.A., Abdelrazik A.M., Abdrabboh G.A., Abo-Elghit A.A., 2014. Effect of foliar application of GA3 and some nutrients on yield and fruit quality of Valencia orange trees. *Nature and Science* 12(4): 93-100.

Bianco A., Chiacchio M., Grassi D., 2006. Phenolic components of olea europaea: Isolation of New Tyrosol and Hydroxytyrosol Derivatives. *Food Chem.* 95 : 562-565.

Boussadia O., 2004. Des contraintes nutritionnelles de développement de l'olivier dans le semi-aride de Tunisie. Mémoire de Mastère en Agronomie et Amélioration des Productions végétales, Institut National Agronomique de Tunisie. Tunis, Tunisie, 112 p.

Brahmi F., Mechri B., Dhibi D., Hammami M., 2013. Variations in phenolic compounds and antiradical scavenging activity of Olea europaea leaves and fruits extracts collected in two different seasons. *Industrial Crops and Products* 49: 256-264.

Brown P.H., Bellaloui N., Wimmer M.A., Bassil E.S., Ruiz J., hu, H., Pfeffer H., Dannel F., Roemheld V., 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology* 4: 205-223.

Cakmak I., Kirkby E.A., 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviated photo oxidative damage. *Physio Plant* 133 : 692-704.

Castañeda P., Pérez L. M., 1996. Calcium ions promote the response of Citrus limon against fungal elicitors or wounding. *Phytochemistry* 42:595-598.

Covas M.I., Nyssonen K., Poulsen H. E., Kaikkonen J., Zunft H.J., Kiesewetter H., Gaddi A. de la Torre R., Mursu J., Bäumlér H. S. Nascetti S., Salonen J. T., Fitó M., Virtanen J., Marrugat J., 2006. The effect of polyphenols in olive oil on heart disease risk factors: a randomized trial. *Annals of Internal Medicine* 145(5): 333-41.

Dabbaghi O., Tekaya M., M'barki N., Ouled-ali S., Öden S., Aïachi Mezghani M., Attia F., Labidi F., Prinsen E., Hammami M., Mechri B., 2018. Effect of foliar bio-fertilization on growth and biochemical parameters of olive trees at flowering. *Journal of Plant Nutrition* 41 : 2281-2297.

Dabbaghi O., Tekaya M., Flamini G., Zouari I., S., S., M'barki N., Laabidi F., Cheheb H., Attia F., Aïachi Mezghani M., Hammami M., Mechri B., 2019. Modification of phenolic compounds and volatile profiles of Chemlali Variety olive oil in response to foliar biofertilization. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 96: 585-593.

Darr B., West D. 1996. Tree Fertilization reasons and Methods. *Arbor Age Magazine*, February 1996.

Di Maio, I., Esposto S., Taticchi A., Selvaggini R., Veneziani G., Urbani S., Servili M., 2013. Characterization of 3, 4-DHPEAEDA oxidation products in virgin olive oil by high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry. *Food Chemistry* 138 : 1381–1391.

Erel R., Dag A., Ben-Gal A., Schwartz A., Yermiyahu U., 2008. Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 133(5): 639-647.

Erel R., Yermiyahu U., Opstal J.V., Ben-Gal A., Schwartz A., Dag A., 2013. The importance of olive (*Olea europaea* L.) tree nutritional status on its productivity. *Scientia Horticulturae* 159 : 8-18.

European Biostimulants Industry Council. 2013. Promoting the biostimulant industry and the role of plant biostimulants in making agriculture more sustainable, disponible à l'adresse <http://www.biostimulants.eu>, (dernière consultation le 20/06/2019).

Fernández-Escobar R., Beltrán G., Sánchez-Zamora M.A., García-Novelo J., Aguilera M.P., Uceda M., 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience* 41: 215-219.

Fernández-Escobar R., Ortiz-Urquiza A., Prado M., Rapoport H.F., 2008. Nitrogen status influence on olive tree flower quality and olive longevity. *Environmental and Experimental Botany* 64: 113-119.

Fernández-Escobar R., García-Novelo J.M., Molina-Soria C., Parra M.A., 2012. An approach to nitrogen balance in olive orchards. *Scientia Horticulturae* 135 : 219-226.

Kailis S., Harris D., 2007. Producing table olives. National Library of Australia Cataloguing in Publication Entry, Collingwood, Australia.

Kunicki E., Grabowska A., Sękara A., Wojciechowska R., 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae* 22 : 9-13.

Jackson D., Paglietti L., Ribeiro M., Karray B., 2015. Tunisie : Analyse de la filière oléicole. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 167 p illustrées.

Larbi A., Gargouri K., Ayadi M., Ben Dhiab A., Msallem M., 2011. Effect of foliar boron application on growth, reproduction, and oil quality of olive trees conducted under a high density planting system. *J. Plant Nutr.* 34 : 2083-2094.

Liakopoulos G., Stavrianiakou S., Filippou M., Fasseas C., Tsadilas C., Drossopoulos I., Karabourniotis G. 2005. Boron remobilization at low boron supply in olive (*Olea europaea* L.) in relation to leaf and phloem mannitol concentrations. *Tree Physiology* 25(2) : 157-165.

Mengel K., 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Hortica* 594: 33–47.

Littke K.M., Zabowski D., 2007. Influence of calcium fertilization on Douglas-fir foliar nutrition, soil nutrient availability, and sinuosity in coastal Washington. *Forest Ecology and Management* 247: 140-148.

Malheiro R., Rodrigues N., Pereira J. A., 2015. Olive Oil Phenolic Composition as Affected by Geographic Origin, Olive Cultivar, and Cultivation Systems. In *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents*. p. 93-121. ISBN 9781630670429.

Montedoro G.F., Servili M., Baldioli M., Miniati E., 1992. Simple and hydrolysable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 1571-1576.

Ochmian I., 2012. The impact of foliar application of calcium fertilizers on the quality of highbush blueberry fruits belonging to the ‘duke’ cultivar. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40(2): 163-9.

Observatoire National de l’Agriculture. 2020. <http://www.onagri.nat.tn/> (dernière consultation le 30/09/2020).

Pastor M., 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Mundi-Prensa. Madrid.

Petri L., Atti R., 1916. *Accad. Econ. Agr. Georg. Firenze*, 1916. Investigation on the Nitrogen Nutrition of the Olive. L Petri Atti. R. *Accad. Econ. Agr. Georg. Firenze*, 5 : 138-147.

Rufat J., Villar J.M., Pascual M., Falguera V., Arbonés A., 2014. Productive and vegetative response to different irrigation and fertilization strategies of an Arbequina olive orchard grown under super-intensive conditions. *Agricultural Water Management* 144: 33-41.

Ruiz J.M., Rivero R.M., López-Cantarero I., Romero L., 2003. Role of Ca²⁺ in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Growth Regul* 4: 173-177.

Ryugo K., 1988. *Fruit Culture, Its Science and Art*. Wiley, New York.

Santos D.M.S., Ochoba-Alejo, N. 1996. Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cell culture from chilli pepper (a mesophyte). *Plant Science* 2 : 21-29.

Sarrwy S.M.A., El-Sheikh M.H., Kabeil S., Shamseldin A., 2012. Effect of Foliar Application of Different Potassium Forms Supported by Zinc on Leaf Mineral Contents, Yield and Fruit Quality of “Balady” Mandrine Trees. *Middle East Journal of Scientific Research* 12(4) : 490-498.

Scarmeas N., Stern Y., Tang M. X., Mayeux R., Luchsinger J.A., 2006. Mediterranean diet and risk for Alzheimer's disease. *Annals of Neurology* 59: 912-921.

Schmitz-Eiberger M., Haefs R., Noga G., 2002. Calcium deficiency-influence on the antioxidative defence system in tomato plants. *Journal of Plant Physiology* 159: 733-742.

Sharma N., Singh K., Thakur A., 2011. Growth, Fruit Set, Yield and Fruit Quality of Olives (*Olea europaea* L.) as Influenced by Nutrients and Bio-Stimulants under Rainfed Condition. *Acta Horticulturae* 890: 385-392.

Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Attia F., Chehab H., Daassa M., Hammami M., 2013. Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar Fertilization of olive trees. *Journal of the American. Oil Chemists' Society* 90: 1377-1386.

Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Cheheb H., Attia F., Cheraief I., Ayachi M., Boujneb D., Hammami M., 2014. Changes in the profiles of mineral elements, phenols, tocopherols and soluble carbohydrates of olive fruit following foliar nutrient fertilization. *LWT-Food Science and Technology* 59: 1047-1053.

Thanaa Sh., Mahmoud M., Enaam Sh., Mohamed A., El-Sharony T.F., 2017. Influence of Foliar Application with Potassium and Magnesium on Growth, Yield and Oil Quality of "Koroneiki" Olive Trees. *American. Journal of Food Technology* 12: 209-220.

Therios I., 2006. Mineral nutrition of olive trees. In Proc. 2nd Intl. Seminar Recent Advances Olive Industry, 403-10.

Visioli F., Galli C., 2002. Biological properties of olive oil phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42(3): 209-221.

Waterman E., Lockwood B., 2007. Active components and clinical applications of olive oil. *Alternative Medicine Review* 12: 331-342.

Zouari I., Mechri B., Attia F., Cheraief I., Mguidiche A., Laabidi F., Hammami M., Martins M., Ribeiro H., Aïachi-Mezghani M. 2020a. Mineral and carbohydrates changes in leaves and roots of olive trees receiving biostimulants and foliar fertilizers. *South African Journal of Botany* 135: 18-28.

Zouari I., Mechri B., Tekaya M., Dabbaghi O., Cheraief I., Mguidiche A., Annabi K., Laabidi F., Attia F., Hammami M., Aïachi-Mezghani M. 2020b. Biostimulant foliar fertilizers' effects on olive oil quality. *Brazilian Journal of Biological Sciences* 7: 3-18.

Citation: Zouari, I, Mechri, B, Attia, F., Mguidiche, M., Hammami, M., Mezghani Aiachi, M. 2022. Réponse végétative, florifère et productive de l'olivier et variation de la composition phénolique de l'huile d'olive suite à l'utilisation de fertilisants foliaires biostimulants. *J.A.A.O.G* 1: 24-41