

Quelle agroforesterie dans les oliveraies de Tunisie ? Analyse des associations de cultures pratiquées et des perceptions des agriculteurs

Ferdaous Rezgui^{1,2,*} , Jihène Ben Yahmed²  et CrysteLe Leauthaud^{3,4} 

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Muencheberg, Allemagne

² Université de Carthage, Institut National Agronomique de Tunisie, LR17AGR01, 1082 Tunis, Tunisie

³ G-EAU, AgroParisTech, BRGM, Cirad, IRD, INRAE, L'Institut Agro, Univ Montpellier, Montpellier, France

⁴ CIRAD, UMR G-EAU, F-34060 Montpellier, France

Résumé – L'association de cultures avec les oliviers – arbre emblématique de la région – est une pratique ancienne en Méditerranée. Cette agroforesterie est reconnue pour fournir de multiples services écosystémiques. En Tunisie, l'un des plus importants pays producteurs d'huile d'olive, les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont peu documentés. Ce travail vise à caractériser les principaux systèmes oléicoles agroforestiers existants au nord et au centre du pays, et à comprendre les raisons qui sous-tendent leur adoption. Pour ce faire, une analyse cartographique a d'abord été réalisée pour appréhender la diversité des milieux oléicoles à l'échelle nationale. Vingt-et-un systèmes oléicoles différents ont été identifiés. Sur cette base, un diagnostic agronomique sur deux sites représentatifs de cette diversité a permis de caractériser la structure des systèmes agroforestiers à l'échelle parcellaire. Cinq types de systèmes agroforestiers à base d'oliviers se distinguent en fonction du choix des espèces associées : cultures maraîchères, polyculture, arbres fruitiers, pâturage pour le cheptel et grandes cultures. Une série d'enquêtes a enfin été réalisée auprès d'agriculteurs pour comprendre les choix d'agencement de ces systèmes et la perception qu'ils en ont. Leur mise en place et les pratiques culturelles des agriculteurs sont souvent déterminées par des contraintes économiques ou foncières, et non d'intérêts agronomiques et environnementaux.

Mots clés : *Olea europaea* / agroforesterie / culture intercalaire / typologie / région méditerranéenne

Abstract – **How is agroforestry practiced in olive groves in Tunisia? Exploring crop associations and farmer's perceptions.** Crop associations within olive groves – the olive tree being emblematic of the region – is an ancient Mediterranean practice that provides multiple ecosystem services. In Tunisia, one of the most important olive oil producing countries, olive agroforestry systems are poorly documented. This study investigates the current agroforestry systems in northern and central Tunisia and analyzes the reasons behind their adoption by farmers. To this end, a cartographic analysis was first conducted to understand the diversity of olive growing environments on a national scale. Twenty-one different olive growing systems were identified. On this basis, an agronomic diagnosis on two sites representative of this diversity was undertaken to characterize the structure of the agroforestry systems at the plot level. Five types of associations were identified, differing by the associated element: market gardening, mixed crops, fruit trees, livestock grazing and field crops. In order to understand farmers' layout choices and their perceptions of these systems, a series of surveys were conducted. The implementation of these practices and farmers' cultivation habits are often dictated by economic and land constraints. Conversely, the agronomic and environmental interests of these systems did not appear to be determining factors in their implementation.

Keywords: *Olea europaea* / agroforestry / intercropping / typology / Mediterranean region

*Auteur de correspondance : ferdaous.rezgui@zalf.de

1 Introduction

L'agroforesterie est l'intégration délibérée, sur la même unité de terre, d'arbres avec des cultures et/ou du bétail, soit simultanément, soit successivement. Une interaction significative (positive et/ou négative) entre les composantes ligneuses et non ligneuses du système est également nécessaire (Nair, 1993). Autrefois typiques des paysages méditerranéens, les systèmes agroforestiers (SAF) rendent de nombreux services écosystémiques comme la diversification des habitats et l'augmentation de la biodiversité associée, la séquestration du carbone atmosphérique, ou la conservation et la valorisation des paysages traditionnels (Marinelli, 2010 ; Bateni *et al.*, 2021 ; Gonçalves *et al.*, 2021). L'agroforesterie contribue également à la réduction de l'exode rural en créant des emplois et en améliorant les moyens de subsistance de communautés rurales défavorisées (Aguilera *et al.*, 2020). Or, les SAF ont été peu à peu abandonnés en faveur de systèmes simplifiés visant à augmenter les rendements et les marges brutes (Debolini *et al.*, 2018). Cela s'est fait au détriment des ressources naturelles comme l'eau, les sols et la biodiversité (Milano *et al.*, 2012 ; Zdruli, 2014). L'adaptation aux changements climatiques, notamment à des conditions environnementales plus extrêmes, a renouvelé l'intérêt pour les SAF (Gonçalves *et al.*, 2021) grâce à une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau et une amélioration des rendements.

L'olivier est la base de nombreux SAF en région méditerranéenne (den Herder *et al.*, 2017 ; Lauri *et al.*, 2019 ; Wolpert *et al.*, 2020). Les systèmes agroforestiers à base d'oliviers (SAFo) de Tunisie sont connus, mais peu documentés (voir cependant Abid Karray *et al.*, 2008 ; Daly-Hassen *et al.*, 2019 ; Leauthaud *et al.*, 2022). L'oléiculture pour la production d'huile y est pourtant la principale activité agricole, avec 1,96 million d'hectares (AgriDATA, 2019) représentant 36 % de la surface agricole utile (SAU) du pays. Une part inconnue de cette surface est associée avec d'autres cultures, surtout dans les régions arides et semi-arides. Les raisons et les choix de la mise en place de cette pratique restent également peu connus (Leauthaud *et al.*, 2022). Quelques typologies de SAFo ont certes été établies en Europe méditerranéenne (Fleskens, 2008 ; Rühl *et al.*, 2011 ; Lauri *et al.*, 2019) et au Maroc (Daoui et Fatemi, 2014 ; Kmoch *et al.*, 2018 ; Amassaghrou *et al.*, 2021), mais elles ne fournissent pas d'informations directement applicables au cas tunisien. Par ailleurs, ces classifications sont basées sur des critères souvent hétérogènes tels que la composition et l'agencement structurel du système, la séquence temporelle d'introduction des composants, la fonction des arbres, la gestion des intrants, les conditions environnementales ou l'adéquation écologique du système. Une caractérisation des SAFo existants en Tunisie permettrait d'identifier, par exemple, les types d'agroforesterie en place et les raisons qui sous-tendent leur mise en pratique.

Le présent travail vise à étudier les oliveraies agroforestières de Tunisie. Les objectifs spécifiques de cet article sont de caractériser structurellement les SAFo, puis d'analyser les raisons pour lesquelles les agriculteurs adoptent ces systèmes. Pour cela, nous procédons dans un premier temps à une classification des zones oléicoles tunisiennes afin de sélectionner les zones potentielles d'installation des SAFo qui sont

représentatives de la diversité de ces systèmes. Dans un deuxième temps, un travail de terrain, appelé diagnostic agronomique dans le reste du texte, a servi à la caractérisation des SAFo. Enfin, des enquêtes ont été réalisées avec des agriculteurs pratiquant l'agroforesterie pour mettre en lumière les raisons de l'adoption de l'agroforesterie. Réalisé en saison estivale au nord et au centre du pays, ce travail se concentre sur les oliveraies agroforestières où l'élément associé (culture ou élevage) est repérable de manière visuelle en été. Il n'inclut pas les systèmes agroforestiers oasiens basés sur le palmier-dattier.

2 Matériel et méthodes

2.1 Sélection des zones d'étude

Les données cartographiques des associations culturelles ne sont pas à jour en Tunisie, voire sont totalement manquantes (cas du sud). Une cartographie des systèmes oléicoles du pays a donc été réalisée à partir de quatre variables à la fois disponibles à l'échelle nationale et déterminantes dans la mise en place de SAF (Daoui et Fatemi, 2014 ; Kmoch *et al.*, 2018) : l'occupation du sol, les régions climatiques, la topographie (pente) et le statut hydrique des cultures (irrigué ou pluvial). Cette cartographie a mis en évidence une grande diversité des systèmes oléicoles tunisiens (SO). Deux zones présentant la plupart des systèmes oléicoles identifiés ont été choisies pour la suite de l'étude : les gouvernorats de Beja et Jendouba au nord, et celui de Sfax au centre de la Tunisie (Fig. 1).

2.2 Diagnostic structurel

Les deux régions ont été visitées de juillet à septembre 2020. En se basant à la fois sur des conseils des agents de l'administration agricole régionale et d'agriculteurs, et en parcourant aléatoirement les régions, des données ont été recueillies sur 227 parcelles présentant des oliveraies associées à d'autres cultures ou à de l'élevage (Fig. 1). Sur chaque parcelle, 18 variables (Tab. 1 et en italique dans le texte) ont été collectées avec l'application "KoboToolbox", n.d. Ces variables décrivent la structure de la parcelle (espèces présentes et leur agencement, caractéristiques du parcellaire et des oliviers, modes de conduite visibles sur le terrain). Outre leur facilité d'accès, ces variables ont été sélectionnées pour leur pertinence. En effet, elles ont déjà été utilisées dans d'autres études (Nair, 1993 ; Fleskens, 2008 ; Rühl *et al.*, 2011 ; Daoui et Fatemi, 2014 ; Kmoch *et al.*, 2018).

Les données ont été analysées grâce à une analyse factorielle de données mixtes (AFDM) combinée à une classification ascendante hiérarchique (CAH). Seules huit variables ont été prises en compte dans cette analyse (Richesse spécifique totale «RST», Espèces de grandes cultures «EGC», Espèces de cultures maraîchères «ECM», Espèces d'arbres fruitiers «EAF», Région «REG», Cultures associées «C.ASSO», Espèces de bétail élevé «EBE», Végétation spontanée «VEG_SPO» et Âge des oliviers «AGE_OLIV»). Les variables supplémentaires ont servi à interpréter les dimensions de la variabilité. Le logiciel R (version 3.6.3, R Core Team, 2022) et les packages FactoMineR et FactoExtra (Kassambara, 2017) ont été utilisés.

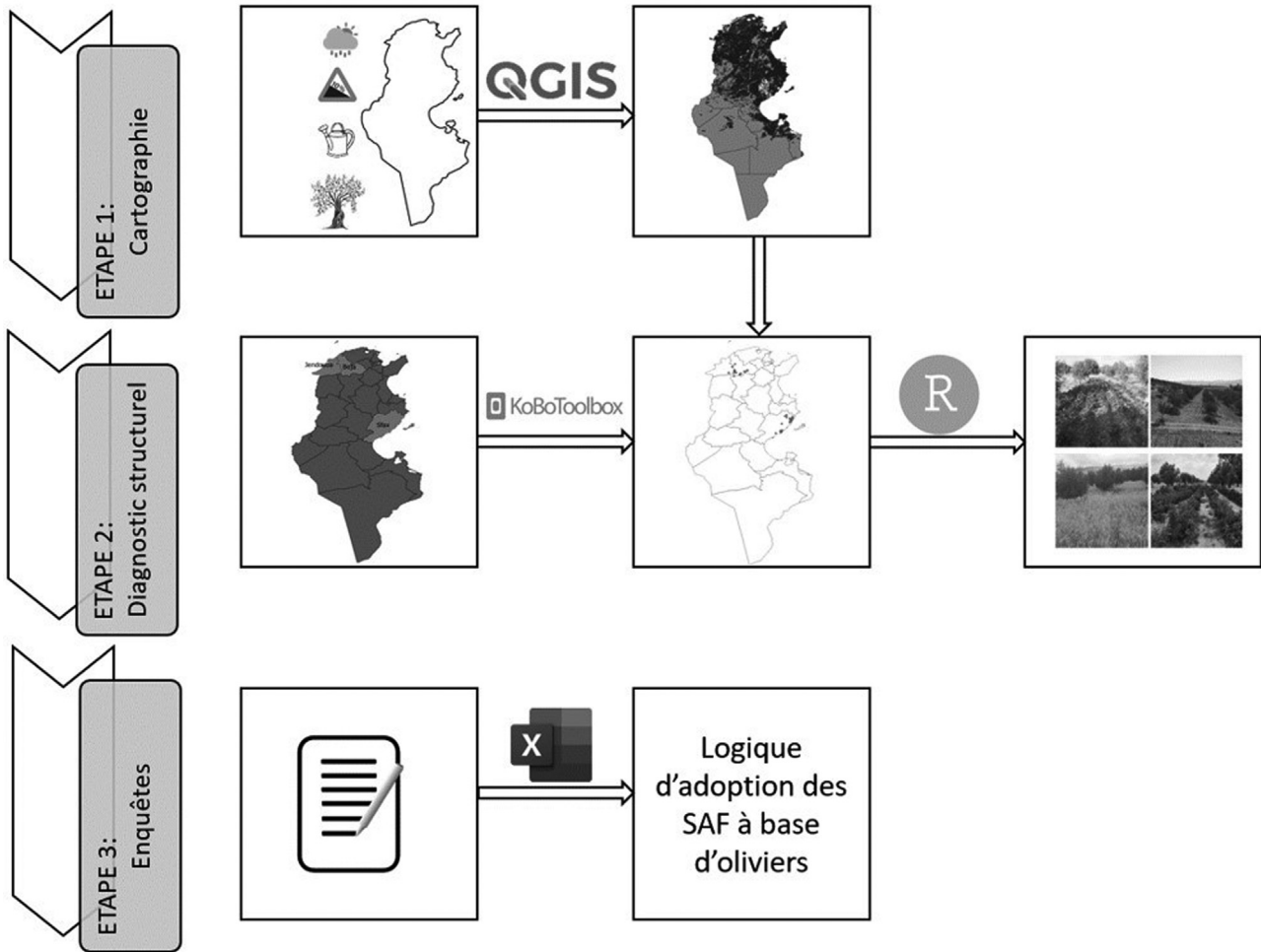


Fig. 1. Les étapes méthodologiques.
Fig. 1. Methodological steps.

2.3 Entretiens avec les agriculteurs

Pour comprendre les raisons de la mise en place des SAfo, 44 entretiens semi-directifs d'environ une heure ont été menés auprès d'agriculteurs choisis aléatoirement dans les deux régions d'étude (Fig. 2). La première partie de l'entretien était consacrée à la description générale de l'exploitation pour comprendre le contexte d'adoption de l'agroforesterie. Les questions portaient sur la présentation de l'exploitation (historique, types de production, surface agricole utile, type de conduite – conventionnel ou en agriculture biologique, etc.). La deuxième partie de l'entretien était consacrée à la description détaillée des SAfo présents sur l'exploitation *via* des questions sur leur caractérisation (âge, variété, taille, cultures ou animaux associés en été), à l'avis des agriculteurs sur les avantages et les inconvénients à pratiquer l'agroforesterie, et enfin à leur avis concernant la performance générale (facilité à gérer ces types de parcelles et viabilité économique) des différents SAF identifiés en étape 2. Ces données ont été analysées de manière descriptive.

3 Résultats

3.1 Description des systèmes oléicoles tunisiens

Les systèmes oléicoles tunisiens (SO) ont été classés en 21 types sur la base des quatre variables analysées (Fig. 3). Le nord est la région la plus diversifiée en terme de nombre de types existants, bien que la superficie oléicole n'y représente que 16 % de la superficie oléicole totale du pays. Par rapport au centre et au sud, le nord présente des conditions agroécologiques diversifiées, se traduisant par des systèmes divers. Les deux gouvernorats de Béja et de Jendouba présentent chacun 18 types de systèmes oléicoles. Bien que le centre de la Tunisie représente 65 % de la superficie oléicole nationale, la diversité des systèmes y est moindre que dans le nord du pays, avec seulement six types différents. Le sud du pays présente une moindre superficie en oliviers et moins de diversité à cause des conditions bioclimatiques (voir [Annexe A](#) en [Matériel supplémentaire](#)). Sur la base de cette analyse, deux régions d'étude ont été choisies : les gouvernorats de Béja et Jendouba

Tableau 1. Liste des variables utilisées dans l'analyse AFDM.*Table 1.* List of variables used in the FAMDM analysis.

Variabiles	Sigles	Mode de calcul
Richesse spécifique totale	RST	Nombre total d'espèces cultivées présentes sur la parcelle agroforestière (arbres fruitiers, y compris les oliviers, les espèces des cultures annuelles en intercalaire et les espèces de bétail). Les adventices ne sont pas incluses.
Espèces de grandes cultures	EGC	4 espèces des grandes cultures : CER (céréales), FOU (fourrages ; luzerne, maïs, sorgho), ABSGC (absence des grandes cultures) et AUT (autres : tournesol, féverole)
Espèces de cultures maraîchères	ECM	5 modalités d'association oliviers-maraîchage : ABSM (absence du maraîchage), LEF (légumes fruits, notamment solanacées), LFE (légumes feuilles, notamment la corète potagère) et CUC (cucurbitacées : pastèque, melon, courge et fakous)
Espèces d'arbres fruitiers	EAF	3 modalités d'association oliviers-arbres fruitiers : ABSfr (absence d'arbres fruitiers), AMA (association exclusive avec l'amandier) et AU (autres types d'espèces fruitières : grenadiers, pistachiers...)
Région	REG	2 localisations : NOR (nord) et CEN (centre)
Cultures associées	C.ASSO	5 types de cultures associées à l'olivier : AF (Arbres fruitiers), CM (cultures maraîchères), GC (grandes cultures), ELE (élevage) et MIX (associations multiples de cultures)
Espèces de bétail élevées	EBE	2 modalités : PRE (présence ou traces d'animaux sur les parcelles) et ABSa (absence d'animaux)
Végétation spontanée	VEG_SPO	2 modalités : Oui (présence d'espèces végétales spontanément apparues) et Non (présence unique des espèces cultivées)
Haies	HAIE	2 modalités : o (oui) présence ou n (non) absence de haies. Les oliviers plantés en haies sont exclus.
Type de paysage	TYP_PAY	3 types de paysage : Ag (paysage agricole), JP (jardin potager) et F (paysage forestier)
Agencement des oliviers	AGCE_OLIV	3 modalités de répartition spatiale des oliviers : L (en lignes à l'intérieur de la parcelle), H (en haies à l'extérieur des parcelles) et I (isolés)
Âge des oliviers	AGE_OLIV	3 modalités d'âge sur la base d'estimation du diamètre du tronc et de la hauteur de l'arbre : < 10 ans, [10,30] ans et > 30 ans
Hauteur des oliviers	HAUT_OLIV	Estimation de la hauteur en mètres
Forme de canopée des oliviers	CANOP_OLIV	2 formes de la canopée : circulaire (forme de cercle, pour les arbres supérieurs à 10 ans d'âge) et autres (autres formes)
Arrangement des cultures en association	ARR_C.ASSO	3 modalités de répartition spatiale des cultures associées à l'olivier : V (en vrac c'est-à-dire à la volée), Li (en lignes) et AUT (autres arrangements)
Densité des oliviers	DEN	3 types : Elev (< 10 m : densité élevée), Moy (entre 10 et 20 m : densité moyenne) et Bas (> 20 m : densité faible)
Pente	PEN	3 modalités : Pente faible (0–5 %), Pente moyenne (5–15 %) et Pente forte (> 15 %)
Irrigation	IRR	2 modalités de conduite (en mode pluvial ou irrigué) : OUI (irrigation) et NON (pluvial)

au nord-ouest du pays, et le gouvernorat de Sfax au centre. Ce dernier est la première région nationale en terme de superficie en oliviers (17%). L'[annexe B](#) (voir en [Matériel supplémentaire](#)) décrit les caractéristiques des zones d'étude.

3.2 Diversité des SAF tunisiens

L'AFDM a permis de retenir quatre axes principaux conservant 45,4% de la variance ([Annexe Ca-b](#) en [Matériel](#)

[supplémentaire](#)). Le premier axe, auquel contribuent principalement les variables *C.ASSO*, *EGC* et *ECM* (voir [Tab. 1](#)), explique 14,6% de cette variabilité. Il représente les types d'espèces associées avec l'olivier, particulièrement l'association avec les grandes cultures et les cultures maraîchères. Le deuxième axe, défini par *EAF*, *C.ASSO*, *ECM* et la *RST*, explique 13,4% de la variabilité. Il représente la diversité des espèces de la parcelle agroforestière, ainsi que l'association oliviers-arbres fruitiers et oliviers-cultures maraîchères. Le

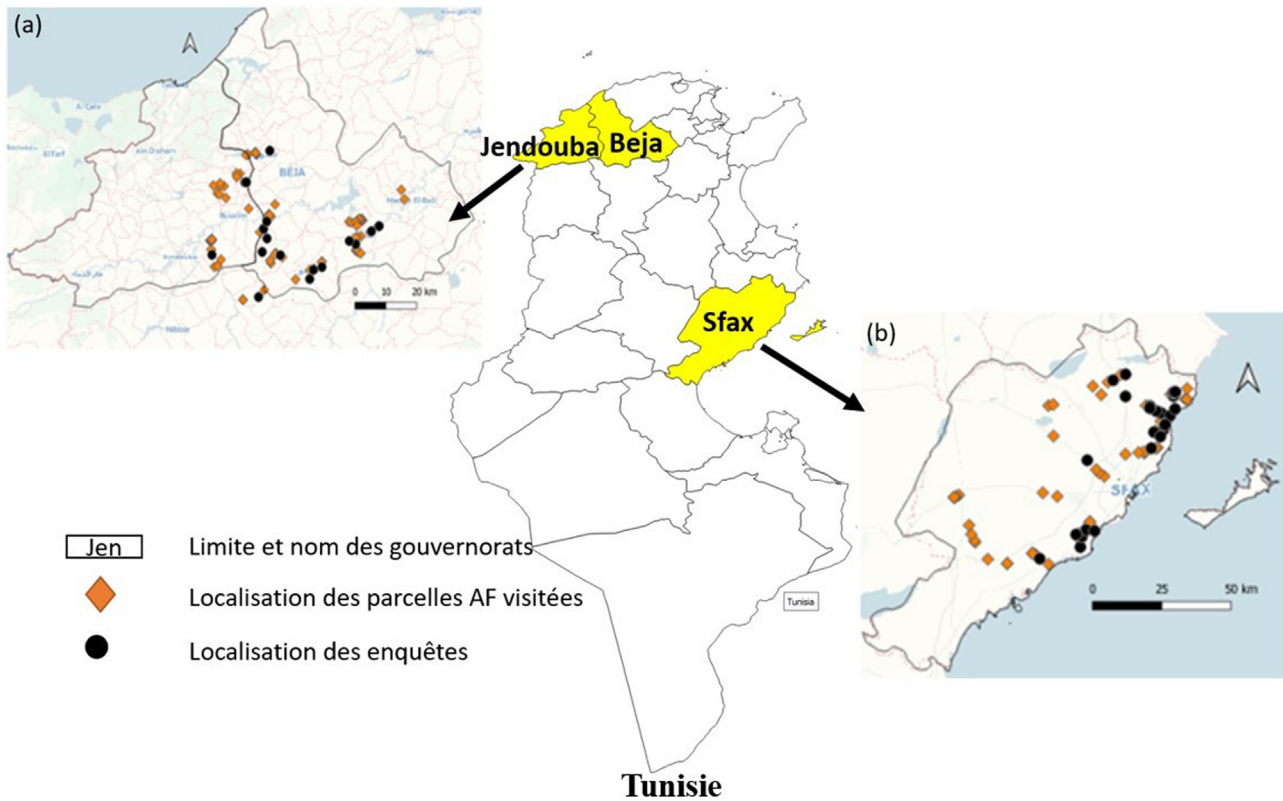


Fig. 2. Localisation des zones d'étude en Tunisie. (a) Au nord (Beja et Jendouba) et (b) au centre (Sfax). Fond cartographique OpenStreetMap.
Fig. 2. Location of the study areas in Tunisia. (a) North (Beja and Jendouba) and (b) center (Sfax). OpenStreetMap background.

troisième axe, défini par *EAF*, *ECM* et *C.ASSO*, explique 10,5 % de la variabilité et représente les associations avec les cultures maraîchères et les arbres fruitiers. Le quatrième axe, décrit par *EGC*, *ECM* et *C.ASSO*, explique 6,9 % de l'inertie totale et représente les associations oliviers-grandes cultures et oliviers-cultures maraîchères. Les résultats de la classification ascendante hiérarchique ([Annexe Cc-f en Matériel supplémentaire](#)) ont permis de définir cinq groupes ayant des caractéristiques différentes. La classification est basée principalement sur le type d'espèces associées avec l'olivier *C.ASSO*.

La première classe (SAF 1) représente l'association oliviers-cultures maraîchères ([Fig. 4a](#)). La majorité des 81 parcelles de ce groupe sont situées en Tunisie centrale. Les cultures maraîchères sont représentées principalement par des solanacées et des cucurbitacées, cultivées en ligne et irriguées sur des terrains de faible pente. Les oliviers sont âgés de plus de 30 ans et ont une faible densité à l'hectare (32 arbres/ha).

La deuxième classe (SAF 2) représente l'association oliviers-polyculture ([Fig. 4b](#)), avec 37 parcelles recensées. On entend ici par polyculture le fait qu'il y ait au minimum deux espèces différentes associées simultanément aux oliviers. Souvent, il y en a trois ou plus. Les espèces fréquemment associées sont les cultures maraîchères (par exemple des tomates et des piments) ou les arbres fruitiers (par exemple des

pêchers et des grenadiers). L'âge des oliviers est hétérogène, la densité est souvent forte (90 arbres/ha). La moitié des parcelles de cette classe sont situées sur des pentes faibles permettant l'irrigation des cultures maraîchères. En plus des espèces cultivées, le tiers des parcelles de ce groupe sont couvertes par de la flore spontanée. Ce SAF, souvent situé dans le nord du pays, est de loin le plus diversifié.

La troisième classe (SAF 3) représente l'association oliviers-arbres fruitiers ([Fig. 4c](#)), avec 52 parcelles recensées. L'amandier est l'espèce fruitière la plus répandue. Soixante-dix pour cent des parcelles de ce groupe sont conduites en pluvial. Les autres parcelles, où les oliviers sont associés avec d'autres arbres fruitiers tels que les grenadiers, les pêchers ou les agrumes, sont irriguées. L'agencement des cultures associées est linéaire.

La quatrième classe (SAF 4) représente l'association oliviers-bétail ([Fig. 4e](#)), avec seulement 3 parcelles recensées. Les cultures associées y sont rares. Cependant, de la végétation spontanée et/ou des chaumes sont souvent laissés pour pâture. Ce groupe de SAF est situé dans le nord du pays.

Enfin, la cinquième classe (SAF 5) représente l'association oliviers-grandes cultures ([Fig. 4d](#)) avec 54 parcelles recensées, notamment avec des céréales et des fourrages. Du bétail peut être présent sur certaines parcelles. La moitié des parcelles de ce groupe sont irriguées, surtout pour les fourrages d'été (luzerne et sorgho). Soixante-six pour cent de ces parcelles

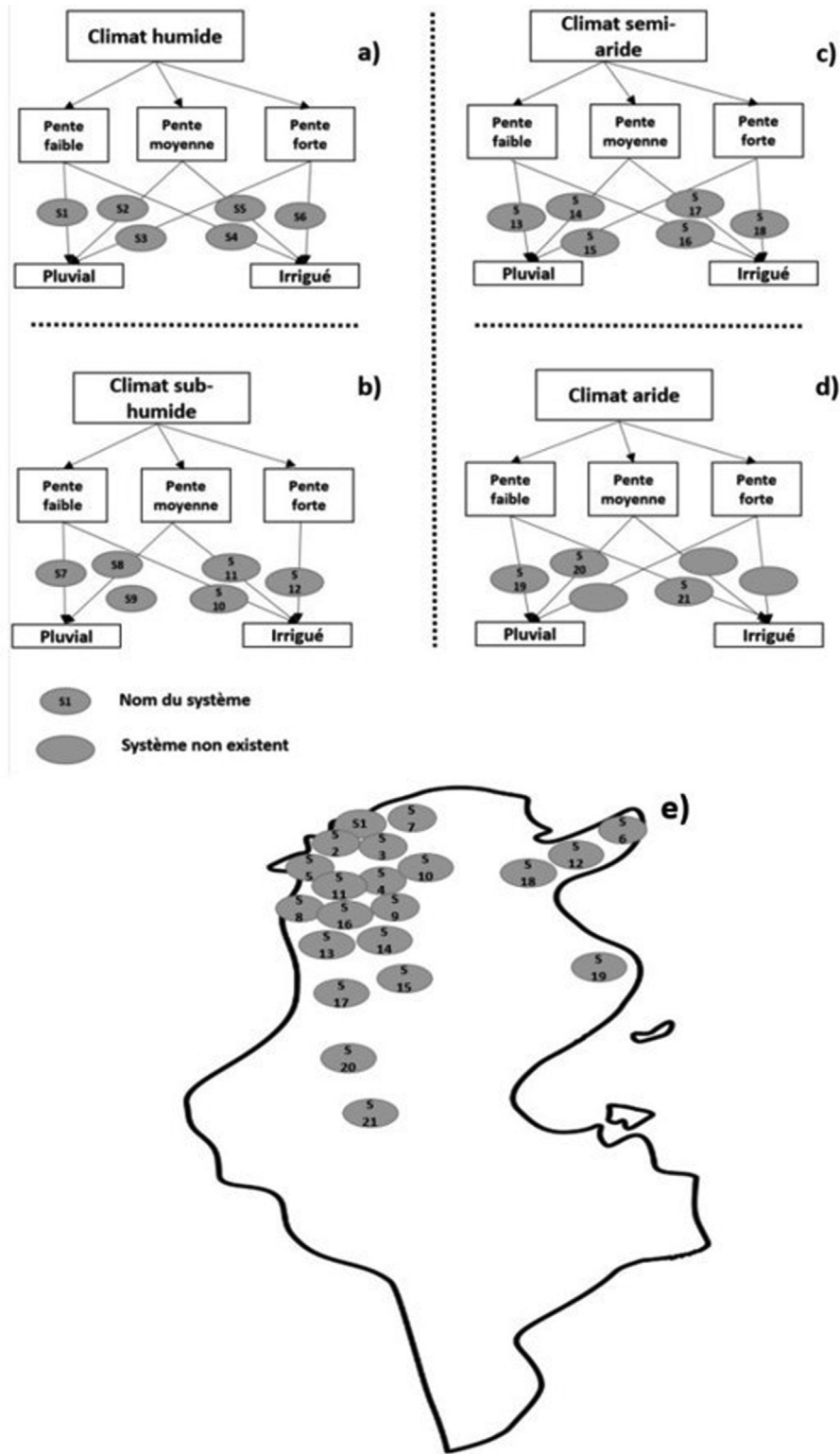


Fig. 3. Typologie des systèmes oléicoles tunisiens (SO). (a) Les SO humides ; (b) les SO subhumides ; (c) les SO semi-arides ; (d) les SO arides ; (e) représentation de la répartition des SO (basée sur la surface la plus élevée couverte par un système).

Fig. 3. Typology of the tunisian olive-growing systems (OS). (a) Humid OS; (b) sub-humid OS; (c) semi-arid OS; (d) arid OS; (e) representation of OS distribution (based on the highest surface area covered by a system).

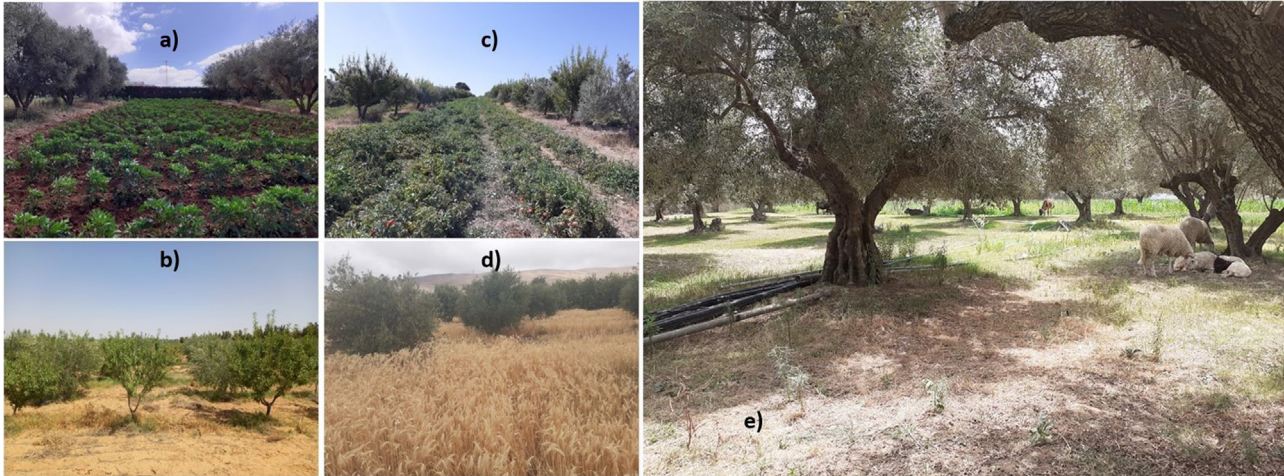


Fig. 4. Les SAF de la Tunisie. (a) SAF 1 : olivier-cultures maraîchères (piment); (b) SAF 2 : olivier-polyculture (tomate et piment); (c) SAF 3 : olivier-arbres fruitiers (amandier); (d) SAF 5 : olivier-grandes cultures (céréales); (e) SAF 4 : olivier-cheptel animal (bovin et ovin).

Fig. 4. *Agroforestry systems in Tunisia. (a) AFS 1: olive-solanacea (chili pepper); (b) AFS 2: olive-polyculture (tomato and chili pepper); (c) AFS 3: olive-fruit tree (almond tree); (d) AFS 5: olive-crops (cereals); (e) AFS 4: olive-livestock (cattle and sheep).*

sont localisées dans le nord du pays. Les oliviers sont souvent âgés (> 30 ans).

3.3 Perception des agriculteurs

3.3.1 Description des exploitations agricoles

Les données descriptives des exploitations agricoles ont été regroupées en quatre classes correspondant à la typologie des SAfo, en utilisant la variable "Espèces des cultures en association" comme critère principal de regroupement (*Annexe D en Matériel supplémentaire*). Les SAF 1 (avec maraîchage) et 2 (avec polyculture) sont représentés par des parcelles localisées au nord du pays, au sein d'exploitations avec des SAU importantes, tandis que les SAF 1 et 5 (avec grandes cultures) se trouvent au centre du pays, avec des SAU plus faibles. Environ 80 % des exploitations étudiées ont déclaré l'oléiculture comme activité principale. Les oliveraies sont de variétés locales, à l'exception du SAF 5 où des variétés introduites ont été déclarées. L'âge des oliviers au sein des SAF 1 et 2 est élevé par rapport à celui des SAF 3 (avec arbres fruitiers) et 5. En effet, les oliviers ont été plantés progressivement, ce qui se traduit par une hétérogénéité d'âge des plantations ligneuses. En termes d'intrants chimiques, les associations oliviers-maraîchage (SAF 1 et 2), sont caractérisées par une utilisation élevée de pesticides en comparaison avec les SAF 3 et 5. Les SAF 1, 2 et 5 sont conduits en agriculture conventionnelle alors que le SAF 3 est en agriculture de conservation. L'association des oliviers à d'autres espèces est souvent pratiquée par les personnes interrogées. Les profils des agriculteurs sont diversifiés en terme d'âge, allant de 30 à plus de 50 ans. Ils sont en majorité propriétaires, à l'exception des agriculteurs utilisant le SAF 1, qui peuvent également être locataires. Les agriculteurs pratiquant le SAF 5 sont pluriactifs, avec une activité professionnelle non agricole. Le SAF 4 (avec bétail) n'était pas représenté dans les entretiens.

3.3.2 Les raisons de l'adoption de l'agroforesterie

Les agriculteurs pratiquent l'agroforesterie pour des raisons diverses (*Fig. 5a*). La raison la plus citée est l'augmentation de la production par hectare, dans un contexte de diminution des SAU disponibles par agriculteur. L'agroforesterie permettrait également, et toujours selon les dires des agriculteurs, une meilleure efficacité d'utilisation des engrais et de l'eau d'irrigation, parce que ces derniers profitent aux différentes cultures. L'association permettrait par ailleurs la diversification des revenus, et ainsi de faire face aux fluctuations des prix et à l'alternance de la production des oliviers. L'alternance biennale est un phénomène cyclique qui voit se succéder une année très productive et une année peu productive; les oliviers font partie des espèces les plus concernées (*Poli, 1979*). Enfin, l'association permettrait à des agriculteurs non propriétaires fonciers de pouvoir cultiver en louant des oliveraies. Elle offre aussi des avantages environnementaux (refuges pour oiseaux et insectes), mais cette raison est peu citée.

Les agriculteurs ont aussi mentionné des inconvénients associés aux SAfo (*Fig. 5b*). En effet, l'agroforesterie nécessite de larges interlignes entre les oliviers. Les oliveraies à faibles interlignes (localisées souvent au nord de la Tunisie) présentent alors un inconvénient pour y réaliser des associations. La transmission de maladies est également avancée. En outre, des compétitions pour les ressources disponibles (eau, lumière) ont également été évoquées. Enfin, l'association de deux cultures augmenterait considérablement le temps de travail.

3.3.3 Opinion des agriculteurs sur la performance des SAfo

La *figure 5c* illustre les avis des agriculteurs, tirés des enquêtes concernant les SAF précédemment décrits. Les associations oliviers-cultures maraîchères (SAF 1 et 2) sont

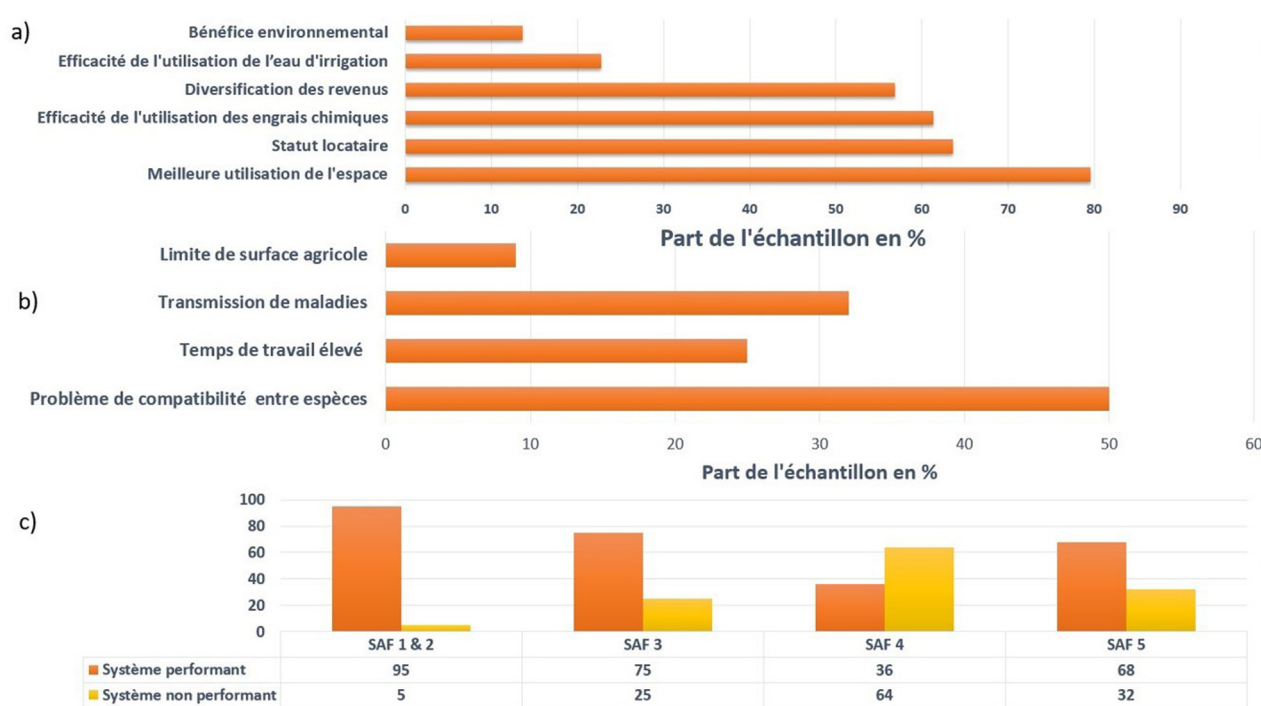


Fig. 5. L'agroforesterie pour les agriculteurs tunisiens. (a) Les raisons d'adoption ; (b) les inconvénients de l'adoption ; (c) avis des agriculteurs vis-à-vis des SAFo.

Fig. 5. Agroforestry for Tunisian farmers. (a) Reasons for adoption; (b) disadvantages of adoption; (c) farmers' opinions on agroforestry.

considérées comme des systèmes performants – pratiqués et économiquement rentables – par 95 % des agriculteurs. En effet, ils considèrent que l'irrigation en goutte-à-goutte diminue les risques phytosanitaires liés aux maladies fongiques. Les oliviers bénéficient des engrais appliqués sur les cultures maraîchères. L'association oliviers-amandiers (SAF 3) est performante pour 75 % des personnes interrogées. Les deux arbres sont résistants à la sécheresse et peuvent coexister sans trop de compétition, de par leurs cycles de développement échelonnés. Au contraire, l'association oliviers-élevage (SAF 4) est considérée comme non performante par 64 % des agriculteurs, car le bétail broute les écorces et les feuilles des oliviers. Il tasse aussi le sol, rendant difficile le labour. Or, un travail du sol en système pluvial serait essentiel, d'après les agriculteurs, pour assurer son ameublissement et l'infiltration des eaux de pluie. D'après 68 % des agriculteurs, l'association oliviers-céréales (SAF 5) est performante pour les mêmes raisons que pour le SAF 3. Les deux cultures sont adaptées au climat du nord du pays et présentent une faible compétition, compte tenu de leurs cycles de développement décalés.

4 Discussion

L'étude avait pour objectifs la caractérisation structurelle des systèmes agroforestiers à base d'oliviers et l'exploration des perceptions des agriculteurs vis-à-vis de l'agroforesterie. Un gradient décroissant de diversité oléicole nord-sud, déterminé par le climat, la topographie et la disponibilité en eau d'irrigation, a été identifié. C'est au sein de cette diversité oléicole que cinq classes de SAFo ont été identifiées, ce qui

représente une large diversité d'espèces associées à l'olivier. Cette étude est en accord avec d'autres études en région méditerranéenne : les oliviers sont cultivés avec des céréales, des légumineuses, des fourrages et d'autres légumes au Maroc (Daoui et Fatemi, 2014 ; Amassaghrou *et al.*, 2021), en Grèce (Mantzanas *et al.*, 2021), en Tunisie (Leauthaud *et al.*, 2022) ou encore en Italie (Rühl *et al.*, 2011).

La classification des SAFo en termes de cultures associées, bien qu'élémentaire, facilite la compréhension de ces systèmes et souligne l'importance du choix des cultures à associer aux oliviers. Le choix peut se porter sur des cultures adaptées à chaque région afin de satisfaire leurs besoins. En Tunisie, l'intensification par l'association de cultures très exigeantes en eau (cucurbitacées, solanacées, fourrages d'été), observée respectivement dans les SAF 1 et 2, et partiellement dans le SAF 5, rend le SAFo de plus en plus dépendant vis-à-vis de l'eau d'irrigation, provenant souvent de réserves d'eau souterraine en diminution (Daly-Hassen *et al.*, 2019). Dans un pays où la rareté de l'eau est un fait, l'agroforesterie à base d'olivier en zone aride avec des cultures fortement consommatrices d'eau en été est une pratique discutable. Ses effets sur les ressources en eau devraient être évalués. À l'inverse, l'association d'arbres fruitiers endémiques (olivier, amandier, grenadier,) que l'on retrouve dans le SAF 3 pourrait être un choix prometteur pour l'atténuation du changement climatique (Wolpert *et al.*, 2020).

Cette étude montre également qu'en Tunisie, les agriculteurs adoptent l'agroforesterie pour diverses raisons, essentiellement la gestion des facteurs de production (terre, eau, engrais). Cela permet donc de généraliser les résultats de Leauthaud *et al.* (2022) à d'autres régions. En effet, dans un contexte de morcellement des terres agricoles, de tensions sur

les ressources en eau et de coût élevé des intrants chimiques, les agriculteurs tunisiens partagent l'objectif d'une meilleure gestion de ces facteurs pour améliorer leurs revenus. Ces résultats ont été également mis en avant dans l'étude de [Daoui et Fatemi \(2014\)](#) au Maroc. D'autres caractéristiques individuelles des agriculteurs –telles que les valeurs, la culture, le contexte ou les objectifs et projets personnels– pourraient expliquer une part de la diversité observée au sein des SAFO. Parmi ces facteurs, le statut foncier et le type d'emploi sont très importants. En effet, les propriétaires ont tendance à investir davantage que les locataires dans les cultures associées permanentes, qui constituent un investissement à long terme (SAF 3). Les agriculteurs ayant un second emploi ont tendance à mettre en place des systèmes plus extensifs ou à associer l'olivier à des cultures nécessitant moins d'entretien, par exemple des céréales plutôt que du maraîchage (SAF 5).

La typologie décrite dans cette étude fournit une première image de l'agroforesterie oléicole en Tunisie. Face à la grande diversité existante, les SAF ne sont pas facilement comparables. La typologie offre un degré d'homogénéité nécessaire à la comparaison. Par la suite, la classification pourrait aussi cibler les pratiques culturales, par exemple en identifiant les opportunités et les recommandations appropriées par type de système agroforestier. L'étude récente de [Guesmi *et al.* \(2022\)](#), dans laquelle l'association céréales-oliviers s'est avérée performante, du moins en termes d'augmentation du carbone organique du sol, en est un exemple.

Il serait intéressant que ces résultats soient portés à la connaissance des agriculteurs, d'autant que les entretiens ont fait apparaître des divergences d'opinions sur les performances des SAF. Des approches participatives pourraient ainsi être utiles pour en discuter.

5 Conclusion

Cette étude a permis de caractériser les systèmes agroforestiers oléicoles du nord et du centre de la Tunisie. Elle a montré que ce type d'agroforesterie est largement pratiqué en Tunisie et que ses modalités sont diversifiées. Les raisons de la pratique de l'agroforesterie sont également multiples et reflètent les défis auxquels les agriculteurs sont confrontés, notamment en termes de gestion des facteurs de production. Dans ce contexte, l'évaluation de la durabilité environnementale, sociale et économique des systèmes agroforestiers oléicoles existants, ainsi que l'élaboration de systèmes plus performants devraient faire partie des orientations des politiques agricoles de la Tunisie en matière de développement rural durable.

Matériel supplémentaire

Annexe A : Représentation des systèmes oléicoles tunisiens en termes de surfaces et de pourcentage de la superficie oléicole nationale.

Annexe B : Caractéristiques des zones d'étude (d'après l'Atlas de Beja, de Jendouba et de Sfax, 2013 et l'Institut national de la statistique, 2021).

Annexe C : Résultats de la AFDM et de la CAH. (a) Représentation des variables sur les deux premiers axes,

(b) représentation des variables sur le troisième et quatrième axes, (c) gain en inertie, (d) dendrogramme des clusters, (e) répartition des clusters sur les deux premières dimensions, (f) répartition des clusters sur les deux dernières dimensions.

Annexe D : Classification des exploitations agricoles visitées selon l'espèce de cultures associées et légende des classes (cadre bas gauche).

Le matériel supplémentaire est disponible sur <http://www.cahiersagricultures.fr/10.1051/cagri/2023017/olm>.

Remerciements. Ce travail a été financé dans le cadre du projet VIANA à travers l'appel conjoint ARIMNet2 2018 par les organismes de financement suivants : ANR (France, convention de subvention n° ANR-17-ARM2-0004), SEESRS (Maroc), FNRSDT-DGRSDT (Algérie). L'ARIMNet2 (ERA-NET) a reçu un financement du 7^e programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche, le développement technologique et de démonstration sous la convention de subvention n° 618 127. Pour la rédaction de cet article, l'auteur principal a reçu le soutien financier du projet Biodiversity « Boost ecosystem services through highly Biodiversity-based Mediterranean Farming sYstems » financé par le Bundesministerium für Bildung und Forschung –BMBF, Allemagne – (numéro de subvention 01DH20014) dans le cadre européen de la Fondation PRIMA, Section 2 Call 2019 – Multi-topic.

Conflicts d'intérêts. Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

Références

- Abid Karray J, Lhomme JP, Masmoudi MM, Mechlia NB. 2008. Water balance of the olive tree-annual crop association: A modeling approach. *Agricultural Water Management* 95: 575–586. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.12.006>.
- AgriDATA. 2019. Statistiques du ministère de l'agriculture tunisien. <http://agridata.tn/> (consulté le 16/03/2022).
- Aguilera E, Díaz-Gaona C, García-Laureano R, Reyes-Palomo C, Guzmán GI, Ortolani L, *et al.* 2020. Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems* 181: 102809. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102809>.
- Amassaghrou A, Bouaziz A, Daoui K, Belhouchette H, Ezzahouani A, Barkaoui K. 2021. Productivité et efficacité des systèmes agroforestiers à base d'oliviers au Maroc: cas de Moulay Driss Zerhoun. *Cahiers Agricultures* 30: 2. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020041>.
- Bateni C, Ventura M, Tonon G, Pisanelli A. 2021. Soil carbon stock in olive groves agroforestry systems under different management and soil characteristics. *Agroforestry Systems* 95: 951–961. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00367-7>.
- Daly-Hassen H, Annabi M, King-Okumu C. 2019. Social and private profitability of tree-based adaptation options to climate change in a dryland area of Tunisia. *New Medit* 18: 89–104. <https://doi.org/10.30682/nm1902f>.
- Daoui K, Fatemi ZEA. 2014. Agroforestry systems in Morocco: The case of olive tree and annual crops association in Saïs Region. Science, Policy and Politics of Modern Agricultural System: Global Context to Local Dynamics of Sustainable Agriculture. Netherlands, Dordrecht: Springer, pp. 281–289. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7957-0_19.

- Debolini M, Marraccini E, Dubeuf JP, Geijzendorffer IR, Guerra C, Simon M, *et al.* 2018. Land and farming system dynamics and their drivers in the Mediterranean Basin. *Land Use Policy* 75: 702–710. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.010>.
- den Herder M, Moreno G, Mosquera-Losada RM, Palma JHN, Sidiropoulou A, Santiago Freijanes JJ, *et al.* 2017. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 241: 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>.
- Fleskens L. 2008. A typology of sloping and mountainous olive plantation systems to address natural resources management. *Annals of Applied Biology* 153: 283–297. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00260.x>.
- Gonçalves B, Morais MC, Pereira S, Mosquera-Losada RM, Santos M. 2021. Tree-crop ecological and physiological interactions within climate change contexts: A mini-review. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 661978. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.661978>.
- Guesmi H, Aichi H, Menasseri S, Fouad Y, Ben Youssef S, Ben Ghanem H, *et al.* 2022. Effect of olive tree-barley/common vetch agroforestry system on soil organic matter under low-input conditions in a tunisian semi-arid climate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*: 1–23. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2072863>.
- Kassambara A. 2017. Practical guide to principal component methods in R, 1st ed. United States: CreateSpace Independent Publishing Platform, 29 p. <https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/principal-component-methods-in-r-preview.pdf>.
- Kmoch L, Pagella T, Palm M, Sinclair F. 2018. Using local agroecological knowledge in climate change adaptation: A study of tree-based options in northern Morocco. *Sustainability* 10: 3719. <https://doi.org/10.3390/su10103719>.
- Kobotoolbox, at the Harvard Humanitarian Initiative. (n.d.). KoBo Toolbox. <https://www.kobotoolbox.org/> (consulté le 20 avril 2020).
- Lauri PÉ, Barkaoui K, Ater M, Rosati A. 2019. Agroforestry for fruit trees in Europe and Mediterranean North Africa. Burleigh Dodds Series in Agricultural Science. Burleigh Dodds Science Publishing, pp. 385–418. <https://doi.org/10.19103/AS.2018.0041.18>.
- Leauthaud C, Ben Yahmed J, Husseini M, Rezgui F, Ameur F. 2022. Adoption factors and structural characteristics of irrigated olive grove agroforestry systems in Central Tunisia. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 46: 1025–1046. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2085230>.
- Marinelli M. 2010. Agroforestry systems in Mediterranean areas prone to desertification. *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*: 271–280. <https://doi.org/10.4129/IFM.2010.3.01>.
- Mantzanas K, Pantera A, Koutsoulis, D, Papadopoulou A, Kapsalis D, Ispikoudis, S, *et al.* 2021. Intercrop of olive trees with cereals and legumes in Chalkidiki, Northern Greece. *Agroforestry Systems* 95: 895–905. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00618-6>.
- Milano M, Ruelland D, Fernandez S, Dezetter A, Fabre J, Servat E. 2012. Facing climatic and anthropogenic changes in the Mediterranean basin: What will be the medium-term impact on water stress? *Comptes Rendus Geoscience* 344(9): 432–440. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2012.07.006>.
- Nair PKR. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1608-4>.
- Poli M. 1979. Étude bibliographique de la physiologie de l’alternance de production chez l’olivier (*Olea europaea* L.). *Fruits* 34: 687–695. <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/download/34414/33658>.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Rühl J, Caruso T, Giucastro M, La Mantia T. 2011. Olive agroforestry systems in Sicily: Cultivated typologies and secondary succession processes after abandonment. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant* 145(1): 120–130. <https://doi.org/10.1080/11263504.2010.540383>.
- Wolpert F, Quintas-Soriano C, Plieninger T. 2020. Exploring land-use histories of tree-crop landscapes: A cross-site comparison in the Mediterranean Basin. *Sustainability Science* 15: 1267–1283. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00806-w>.
- Zdruli P. 2014. Land resources of the Mediterranean: Status, pressures, trends and impacts on future regional development. *Land Degradation and Development* 25: 373–384. <https://doi.org/10.1002/ldr.2150>.

Citation de l’article : Rezgui F, Ben Yahmed J, Leauthaud C. 2023. Quelle agroforesterie dans les oliveraies de Tunisie? Analyse des associations de cultures pratiquées et des perceptions des agriculteurs. *Cah. Agric.* 32: 24. <https://doi.org/10.1051/cagri/2023017>