



Janvier 2026

LA VALEUR ÉCONOMIQUE DE L'EAU DANS LA FILIÈRE OLÉICOLE, DE L'OLIVE À L'HUILE



Elaboré par :

Dr. Saida Elfkih Dr. Amel ElKadri Dr. Mahdi Fendri Dr. Hanen Zaier Dr. Mohamed Ayadi

Dr. Ahlem Jalleli Dr. Mohamed Béchir Sai Mr. Khaled Ouertani Dr. Chiraz Masmoudi

Table des matières

A.	Préambule	1
B.	Introduction	2
C.	Filière oléicole en Tunisie et composition de la chaîne de valeur de l'huile d'olive.....	4
I.	Chaîne de valeur et étude filière : complémentarité et concurrence.....	4
II.	La filière de l'huile d'olive en Tunisie.....	5
1.	Description générale et acteurs de la filière	5
2.	Organisation de la filière et appui institutionnel	7
III.	Composantes de la chaîne de valeur de l'huile d'olive.....	9
1.	Production	9
1.1.	Plantation et entrée en production	9
1.2.	Mode de conduite et paquet technique	10
1.2.1.	Travail du sol	10
1.2.2.	La taille de l'olivier.....	11
1.2.3.	Fertilisation	12
1.2.4.	Irrigation	12
1.2.5.	Traitement phytosanitaire	13
1.2.6.	Récolte	13
2.	Transformation.....	14
2.1.	Différentes étapes pour avoir une huile d'olive.....	14
2.2.	Systèmes d'extraction de l'huile d'olive.....	15
3.	Commercialisation.....	17
D.	Etude de la rentabilité de l'eau tout au long de la chaîne d'huile d'olive : cas du gouvernorat de Kairouan	18
I.	Zone de kairouan.....	18
II.	Concepts et méthodes	19
1.	Phase Agriculture	19
1.1.	Objectifs.....	19
1.2.	Echantillon	19
1.3.	Rubriques de l'enquête	20
2.	Phase de la transformation	20
2.1.	Objectifs.....	20
2.2.	Echantillon	20
2.3.	Rubriques de l'enquête	21
3.	Evaluation des pertes en olive sur toute la chaîne de valeur oléicole.....	22

III.	Productivité économique de l'eau à Kairouan.....	24
1.	Phase agricole.....	24
1.1.	Conditions de culture de l'olivier à Kairouan	24
1.2.	Conduite de l'Olivier à Kairouan.....	25
1.2.1.	Travail du sol.....	25
1.2.2.	Opération de la taille des oliviers	26
1.2.3.	La fertilisation	26
1.2.4.	Traitement phytosanitaire	27
1.2.5.	Calendrier d'irrigation.....	28
1.3.	Productivité de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan dans la phase agricole.....	28
1.3.1.	Estimation de la consommation de l'eau chez l'olivier.....	29
1.3.2.	Rendement des olives et estimation des pertes	31
1.3.3.	Productivité biophysique de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan ..	32
1.3.4.	Productivité économique de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan ..	33
1.3.5.	Analyse globale de la productivité de l'eau en agriculture et options d'amélioration	35
2.	Phase de la transformation	38
2.1.	Caractéristiques des huileries étudiées	39
2.2.	Quantités triturées et évaluation des pertes en olive.....	39
2.3.	Utilisation de l'eau au niveau des huileries	40
2.4.	Productivité biophysique de l'eau au niveau des huileries considérant les pertes	42
2.5.	Productivité économique de l'eau au niveau des huileries	44
3.	Analyse de la productivité de l'eau le long de la chaîne oléicole.....	46
4.	Etude sensible au genre	47
4.1.	Phase agricole.....	47
4.2.	Phase de transformation	49
4.3.	Phase de commercialisation.....	49
E.	Conclusions et recommandations finales.....	50
F.	Références bibliographiques	53
G.	Annexe.....	54

Liste des figures

Figure 1. La chaine de valeur d'après Porter (1986).....	4
Figure 2. Méthodologie de l'analyse filière.....	5
Figure 3. Système d'extraction continu à trois phases	16
Figure 4. Système d'extraction continu à deux phases	16
Figure 5. Système d'extraction classique : presse et super-presse	16
Figure 6. Carte de la zone d'étude.....	18
Figure 7. Schéma récapitulatif de l'approche méthodologique pour détermination de la PE au niveau des huileries étudiées.....	22
Figure 8. Pourcentage des agriculteurs utilisant les modes et outils de travail du sol traditionnels et mécanisés dans les quatre délégations du gouvernorat de Kairouan	25
Figure 9. Pourcentage des agriculteurs des localités de Chbika, Manzel Mhir, Sbikha et Chrarda, utilisant la fertilisation directe de l'olivier et de ceux qui n'appliquent pas de fertilisation spécifique à l'olivier	27
Figure 10. Consommation de l'eau chez l'olivier (m^3/ha) dans les exploitations de la zone d'étude.....	31
Figure 11. Rendement moyen de l'olivier tenant en considération des pertes (Kg/ha) dans quelques exploitations oléicoles irriguées de la région de Kairouan durant la période 2017-2020.....	32
Figure 12. Productivité biophysique chez l'olivier (Kg d'olive/ m^3) dans quelques exploitations oléicoles du gouvernorat de Kairouan.....	33
Figure 13. Marge brute oléicole en (DT/ha) estimée dans quelques exploitations oléicoles irriguées.....	34
Figure 14. Productivité économique de l'eau consommée chez l'olivier irrigué, estimée dans quelques exploitations oléicoles de la région de Kairouan	35
Figure 15. Schéma récapitulatif de l'utilisation de l'eau lors du processus de trituration des olives.....	40
Figure 16. Répartition en % des quantités d'eau consommées au niveau des principales phases de transformation au niveau des huileries	42
Figure 17. Récapitulation des résultats de la productivité biophysique de l'eau (tonnes d'olives/ m^3) par huilerie et par système d'extraction.....	43
Figure 18. Récapitulation des résultats de la productivité économique de l'eau (DT/m^3) par huilerie et par système d'extraction	45
Figure 19. Productivité de l'eau chez l'olivier le long de la chaine de valeur	46
Figure 20. Comparaison des coûts de l'eau consommée par exploitation et par huilerie..	47
Figure 21. Répartition des exploitants des délégations Chbika, Manzel Mhiri, Sbikha et Chrarda du gouvernorat de Kairouan selon le genre du chef de l'exploitation	48
Figure 22. Main d'œuvre par genre et selon l'activité en oléiculture.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1. Les institutions d'appui du secteur oléicole tunisien	8
Tableau 2. Les huileries selon le système d'extraction dans la région de Kairouan	19
Tableau 3. Nombre d'agriculteurs pris par strate de superficie dans les échantillons des quatre délégations du Gouvernorat de Kairouan.....	20
Tableau 4. Répartition des huileries enquêtées par système d'extraction.....	21
Tableau 5. Source d'information et méthodologie pour la détermination des pertes en olive.....	22
Tableau 6. Systèmes et calendriers d'irrigation chez l'olivier conduit en monoculture	28
Tableau 7. Valeurs des apports de pluie dans la zone d'étude durant la période 2017/2020.....	30
Tableau 8. Consommation de l'eau chez l'olivier (m^3/ha) pour les exploitations concernées par le calcul.....	30
Tableau 9. Rendements des oliviers considérant les pertes (en Kg d'olive/ha).....	32
Tableau 10. Principales caractéristiques des exploitations objets de calcul de la productivité de l'eau.....	36
Tableau 11. Techniques culturales et paquet technique utilisés dans les différentes délégations de Kairouan	37
Tableau 12. Caractéristiques des huileries étudiées	39
Tableau 13. Evaluation des pertes en olives au niveau des huileries	39
Tableau 14. Quantités d'eau consommées par les huileries durant la campagne.....	40
Tableau 15. Productivité de l'eau des huileries considérant les pertes (en Tonnes d'olive/ m^3).....	42

Liste des acronymes

CRA : Cellule de Rayonnement Agricole

CRDA : Commissariat Régional de Développement Agricole

CTV : Cellule Territoriale de Développement

CEP : Champ Ecole Producteurs

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

GDA : Groupement de Développement Agricole

A. Préambule

Le présent document a été élaboré dans le cadre de l'accord de recherche conclu entre l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Institut de l'Olivier. Il s'inscrit dans le cadre du projet **GCP/RNE/009/SWE – Mise en œuvre du Programme 2030 pour l'amélioration de l'efficacité et de la productivité de l'eau, ainsi que pour la durabilité des ressources en eau dans les pays de la région NENA**, financé par le gouvernement suédois (Sverige – Suède).

Ce document de travail présente une synthèse des principaux résultats de l'analyse de la productivité économique de l'eau le long de la filière oléicole en Tunisie, en prenant la région de Kairouan comme étude de cas. L'analyse se concentre principalement sur les phases : agricole et de transformation, qui représentent les stades de la chaîne de valeur où la consommation d'eau est la plus élevée. L'étude adopte également une approche sensible au genre et intègre l'examen des pertes et du gaspillage potentiels tout au long de la chaîne de valeur, afin d'identifier des opportunités de valorisation et d'amélioration du contrôle aux niveaux jugés critiques.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, la démarche méthodologique repose sur plusieurs étapes complémentaires :

(i) Une présentation générale de la filière oléicole en Tunisie, accompagnée d'une analyse de sa chaîne de valeur, visant à mieux cerner les enjeux liés à la productivité de l'eau tout au long de la chaîne de valeur de l'huile d'olive ;

(ii) La réalisation d'enquêtes auprès des agriculteurs de la région de Kairouan portant sur la productivité biophysique et économique de l'eau en oléiculture, ainsi que sur la participation des femmes aux activités agricoles ;

(iii) La conduite d'enquêtes auprès des huileries représentatives des différents systèmes de trituration dans la zone d'étude, couvrant les dimensions biophysiques et économiques de la productivité de l'eau, dans une perspective sensible au genre ;

(iv) La conduite d'entretiens avec des experts de la filière oléicole en vue d'évaluer les pertes potentielles d'olives le long de la chaîne de valeur. Les données collectées ont été analysées et les résultats sont présentés dans le présent document.

B. Introduction

En Tunisie l'oléiculture est synonyme d'histoire ancienne et récente de toutes les grandes civilisations qui ont prospéré dans le pays. L'olivier a façonné, au fil des millénaires, les paysages, l'histoire, la culture et la gastronomie, non seulement de la Tunisie, mais de l'ensemble du bassin méditerranéen. Cet arbre a été cultivé par les Phéniciens, les Grecs, les Carthaginois, les Romains et les Arabes, dans le cadre d'une tradition transmise de génération en génération. De nos jours, le secteur oléicole constitue l'un des piliers stratégiques de l'économie tunisienne, en raison de son importance sociale, environnementale et économique, faisant de la Tunisie le principal pays oléicole du sud de la Méditerranée. Cette importance découle notamment de la typicité de l'huile d'olive, qui n'est pas une huile comme les autres. Il s'agit d'un jus de fruit pouvant être consommé directement et de la seule huile végétale ne nécessitant pas de raffinage avant consommation. Extraite de l'olive exclusivement par des procédés mécaniques, elle se caractérise par un goût, une odeur et une saveur spécifiques, ainsi que par des vertus reconnues pour la santé. Ce mode d'extraction mécanique protège l'huile de toute dégradation et permet de préserver ses composés mineurs, qui contribuent de manière significative à sa qualité et à sa bonne conservation.

Le patrimoine oléicole tunisien est très riche en cultivars et écotypes locaux, ce qui témoigne de l'illustre diversité génétique de l'olivier dans le pays. Plus de 140 variétés ont été décrites où les plus importantes en termes d'extension sont la variété Chemlali représentant plus de 70 % des oliviers du pays notamment au centre et au sud et la variété Chetoui qui représente 20% du patrimoine et se cultive principalement au nord de la Tunisie. En plus des variétés Chemlali et Chetoui d'autres variétés sont décrites et sont typiques de zones bien déterminées en Tunisie où les plus importantes sont : Oueslati (Kairouan), Zarrazi (Gafsa et Médenine), Chemchali (Gafsa), Chemlali Zarzis, Zalmati (Médenine) et Gerboui (Zaghouan). La plupart de l'olivier tunisien est de l'olivier à huile. Nonobstant, l'olive de table malgré sa réduite superficie, dispose d'un patrimoine assez riche. La variété Meski est la plus importante avec 56% des plantations, suivie de la variété picholine (14%) et la Beldi (11%). Parmi les autres variétés, l'on cite la Besbessi (Trigui et Msallem, 2002 ; Ben amar et al., 2013).

L'olivier est une espèce rustique, capable de résister sur de longues périodes à des niveaux élevés de stress hydrique ainsi qu'aux climats aride et semi-aride qui caractérisent les zones de Tunisie où son extension a été la plus importante, notamment le centre et le sud du pays. Toutefois, un déficit hydrique prolongé ou des épisodes de sécheresse peuvent affecter la plante à des degrés variables, avec des répercussions négatives sur la productivité de l'olivier et sur la régularité des productions. Plusieurs interventions culturales peuvent contribuer à atténuer l'impact des conditions climatiques défavorables. Celles-ci sont généralement liées à l'adéquation entre le développement de l'olivier et la capacité du milieu à subvenir à ses besoins, notamment à travers l'apport en eau d'irrigation et d'autres pratiques de sauvegarde (Trabelsi *et al.*, 2019 ; Ghrab *et al.*, 2013 ; Gargouri *et al.*, 2012). Cette évolution explique la diversification observée ces dernières années des systèmes de production oléicoles. En effet, en Tunisie, outre le système de production conventionnel en pluvial, on observe le développement de systèmes de production conduits en irrigué, à savoir les systèmes intensif, dynamique et hyper-intensif, ainsi que d'autres systèmes de production menés en agriculture biologique ou biodynamique (Ben Abdallah *et al.*, 2021 ; Ben Abdallah *et al.*, 2022).

L'extension du système intensif dans le cas de l'olivier apparaît comme un impératif technique pour réguler et accroître la production agricole des régions sous déficit hydrique. En effet, en Tunisie, les précipitations sont généralement insuffisantes et très irrégulières, de sorte que l'irrigation devient nécessaire pour l'agriculture. Comme dans la plupart des pays à climat aride et semi-aride, le secteur agricole, par le biais de l'irrigation, reste l'activité la plus consommatrice d'eau, soit 80 % des ressources mobilisables (Ben Boubaker *et al.*, 2003). En Tunisie, selon les données disponibles pour l'année 2021, les périmètres irrigués représentent environ 7 % de la superficie agricole utile (SAU),

tout en contribuant à hauteur de 35 % de la valeur totale de la production agricole nationale. L'olivier conduit en irrigué occupe une superficie de plus de 95 680 ha, soit environ 5 % de la superficie oléicole totale du pays (ONAGRI, 2021). Actuellement, selon la Direction générale de la production agricole (DGPA, 2026), les superficies d'oliviers conduits en irrigué dépassent 500.000 ha, représentant plus de 20 % de la superficie oléicole totale du pays. La contribution de l'olivier conduit en irrigué à la production nationale demeure toutefois très variable en raison de l'alternance des productions. Néanmoins, elle constitue un noyau dur de la production, notamment lors des années de faible rendement. Ainsi, pour les deux dernières campagnes (2024/2025 et 2025/2026), la contribution de l'irrigué est estimée entre 55 % et 65 % de la production nationale.

En Tunisie, l'olivier à huile contribue à la formation d'un tissu industriel très important, assurant la transformation des olives pour l'obtention de l'huile d'olive, l'extraction de l'huile de grignons, le raffinage et le conditionnement. Les huileries (environ 1 672 huileries) représentent l'activité la plus importante de l'industrie oléicole en Tunisie, avec une capacité de trituration d'environ 71 203 tonnes par jour. Quatre systèmes d'extraction coexistent actuellement : le système traditionnel, le système super-presse, le système continu à deux phases et le système continu à trois phases. Le système continu est le plus dominant, représentant 70 % de l'effectif total des huileries et 92,5 % de la capacité totale de trituration, notamment le système d'extraction à trois phases, qui est le système nécessitant le plus d'eau pour la trituration des olives et générant davantage de margines (DGPA, 2021 ; Elfkih *et al.*, 2021). À cet égard, il convient de signaler que l'industrie de transformation des olives consomme des volumes importants d'eau, au cours de la phase de séparation solide-liquide (décanteur horizontal) dans le système à chaîne continue à trois phases. Des quantités considérables sont également utilisées dans les opérations de lavage et de centrifugation verticale et, dans une moindre mesure, dans le nettoyage des huileries.

Comme pour la plupart des produits agroalimentaires, l'obtention de l'huile d'olive nécessite des quantités importantes d'eau tout au long de la chaîne de valeur, depuis la phase agricole jusqu'à l'obtention du produit fini, à savoir l'huile d'olive. Une compréhension du fonctionnement de la filière oléicole, ainsi qu'une décomposition appropriée de sa chaîne de valeur, combinées à une estimation des quantités d'eau consommées à chaque étape de la chaîne agroalimentaire de l'huile d'olive, peuvent fournir des éléments essentiels pour analyser la répartition de cette consommation d'eau et améliorer la gestion de cette ressource rare, tout en identifiant les phases critiques où des interventions ciblées peuvent générer des effets positifs sur la consommation d'eau. La gestion de la ressource en eau doit ainsi contribuer au renforcement des objectifs de sécurité alimentaire, en particulier dans un pays comme la Tunisie, confronté à une pénurie d'eau croissante, accentuée par le changement climatique et la surexploitation des ressources hydriques.

C. Filière oléicole en Tunisie et composition de la chaîne de valeur de l'huile d'olive

I. Chaîne de valeur et étude filière : complémentarité et concurrence

Dans le cadre de ce travail, deux concepts sont mobilisés et présentent une certaine ambiguïté quant à leur compréhension : la chaîne de valeur et l'étude de la filière. Ces deux approches apparaissent aujourd'hui davantage complémentaires que concurrentes ou exclusives, malgré l'existence de vives polémiques académiques (Ben Charif et Rastoin, 2007). L'étude de la filière correspond à une succession d'opérations techniques allant de la phase de production jusqu'à la consommation finale. Elle ne se limite pas aux dimensions économiques ou financières, mais intègre également des composantes géographiques, politiques, organisationnelles et sociologiques (Kinha et al., 2009). Ainsi, l'analyse de la filière repose nécessairement sur une approche multidisciplinaire, combinant l'approche systémique, l'économie industrielle et le management (Montigaut, 1992). La chaîne de valeur, en revanche, renvoie à une succession linéaire d'opérations indépendantes et de transferts du produit d'un acteur à un autre, au sein de laquelle chaque maillon contribue à l'ajout de valeur (Kinha et al., 2009). Dans le domaine agricole et agroalimentaire, l'analyse de la filière a été initiée par les travaux de Goldberg et Davis (1957). Par contre, le concept de chaîne de valeur a été introduit par Porter (1986), qui propose de décomposer l'entreprise en activités stratégiquement pertinentes afin de comprendre la répartition des coûts, les activités créatrices de valeur et les marges associées (Figure 1).

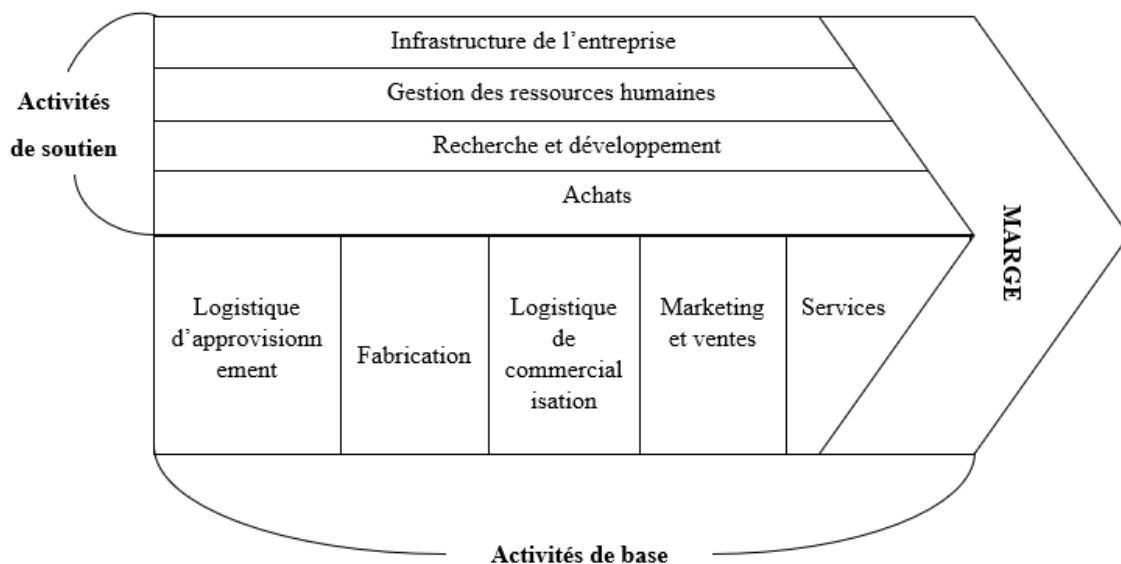


Figure 1. La chaîne de valeur d'après Porter (1986)

En ce qui concerne la méthodologie relative à l'analyse de la filière, il n'existe pas de méthode unifiée et unanimement reconnue au sein de la communauté scientifique. Il s'agit plutôt d'un ensemble de démarches variées, adaptées aux contextes et aux cas étudiés, mais poursuivant une finalité commune, à savoir une meilleure compréhension du fonctionnement d'une filière (Ben Abdallah et al., 2014).

De manière générale, les méthodologies mobilisées dans ce cadre s'articulent principalement autour de quatre axes : (i) la délimitation de la filière, visant à définir les principaux contours de l'activité étudiée afin de mieux appréhender les stratégies des acteurs et à établir le graphe de la filière ; (ii) l'analyse des aspects techniques, permettant notamment d'identifier les contraintes, les inefficacités et les goulots d'étranglement au sein de la filière ; (iii) l'analyse du cadre institutionnel, portant sur les interactions et les interrelations entre les acteurs de la filière et les institutions d'appui ; et (iv) l'analyse économique ou comptable, qui consiste à décomposer les charges, les prix et les marges tout au long de la chaîne de valeur et entre les différentes phases de production (production agricole, transformation et commercialisation) (Figure 2).



Figure 2. Méthodologie de l'analyse filière

Source : Elaboration propre

II. La filière de l'huile d'olive en Tunisie

1. Description générale et acteurs de la filière

Le secteur de l'huile d'olive tunisien fait intervenir plusieurs maillons : le maillon de l'agriculture, le maillon de l'industrie de transformation et le maillon de la commercialisation, où l'exportation prend la plus grande part. En plus des opérateurs de la filière (agriculteurs, industriels et commerçants), plusieurs autres intervenants entrent en jeu, contribuant au bon fonctionnement du secteur, dont notamment les organismes de développement ainsi que les structures de recherche.

Ce secteur, avec un patrimoine d'environ 120 millions de pieds étendus sur une superficie de 2,09 millions d'ha, contribue à l'équilibre de la balance commerciale et présente une offre importante d'emplois agricoles estimée à 50 millions de journées de travail. Selon l'ONH, la forêt oléicole tunisienne se compose de : 18 % de jeunes plantations (inférieures à 20 ans), dont 16.400 ha de

nouvelles plantations ; 75 % de plantations en pleine production (âgées de 20 à 70 ans) et 7 % de vieilles plantations (âgées de plus de 70 ans). Plus de 310.000 agriculteurs opèrent dans ce secteur, représentant 20 % de la population active dans le secteur primaire (DGPA, 2026 ; ONAGRI, 2021).

Le secteur oléicole fait fonctionner un tissu industriel et commercial assez important et diversifié. Il compte actuellement plus de 1 672 huileries, 15 unités de raffinage, 14 usines d'extraction d'huile de grignon, plus de 35 unités de conditionnement d'huile d'olive et plus de 200 exportateurs privés, en plus de l'Office National de l'Huile d'Olive et des domaines publics appartenant à l'État. Peu nombreux sont les producteurs qui contrôlent l'ensemble de la chaîne de valeur, à l'exception d'une minorité de grands producteurs, de producteurs biologiques et d'agro-combinats issus de l'Office des Terres Domaniales.

Sur les 1 672 huileries répertoriées : 471 sont des huileries à presses et 1 201 des huileries à système continu. La répartition géographique des huileries est dominée par le Sud (Sfax, Médenine, Gabès, Tataouine, Kébili, Tozeur) et le Sahel (Sousse, Monastir, Mahdia) (DGPA, 2021). Le secteur de la transformation a été témoin, durant cette dernière décennie, de la création et de la modernisation des huileries, parallèlement au déclin progressif des huileries traditionnelles devenues moins compétitives en raison du coût de la main-d'œuvre et de la qualité du produit. De ce fait, la capacité de trituration est passée de 8 000 tonnes d'olives/jour en 1986 à plus de 71 203 tonnes d'olives/jour aujourd'hui (Tableau A.1, Annexe).

L'huile d'olive prend la tête des flux commerciaux agroalimentaires en tant que produit le plus exporté (53 % du total des exportations agroalimentaires tunisiennes). En effet, 75 % de la production totale d'huile d'olive était destinée aux marchés internationaux au cours de la dernière décennie (période 2011-2021). Cette situation est le résultat de politiques publiques visant à inciter les exportations d'huile d'olive. Jusqu'en 1962, le marché intérieur tunisien des huiles végétales était entièrement approvisionné par l'huile d'olive produite dans le pays. À partir de cette date, le gouvernement tunisien a eu recours à une politique d'exportation d'huile d'olive en vrac et d'importation d'huiles de graines, avec le double objectif de protéger le pouvoir d'achat des ménages à faibles revenus et de promouvoir les exportations d'huile d'olive. Cette politique a permis, d'une part, de stabiliser la balance des paiements et, d'autre part, de promouvoir le secteur de l'huile d'olive en élargissant la superficie oléicole et en modernisant l'infrastructure industrielle correspondante, augmentant à la fois les capacités de transformation et de stockage.

En raison de cette politique et des accords d'exportation préférentiels signés avec l'UE en 1980, les exportations tunisiennes d'huile d'olive ont connu une augmentation progressive de leur part sur les marchés internationaux, qui représente actuellement 20 % du commerce mondial total d'huile d'olive. Cependant, pendant longtemps, ces exportations ont été très concentrées géographiquement et vendues en vrac, à faible valeur ajoutée, vers quelques pays de l'UE (les marchés traditionnels), notamment l'Italie, l'Espagne et la France (Elfkih et al., 2021).

En réponse à ces nouveaux défis, le secteur tunisien de l'huile d'olive a bénéficié d'une stratégie de développement nationale qui vise à stimuler la production et à réduire les fluctuations de la production annuelle en étendant la superficie cultivée vers des sols plus adéquats, à améliorer la qualité de l'huile d'olive grâce à la modernisation des processus de production, à améliorer le positionnement sur le marché international pour gagner en visibilité en diversifiant les marchés finaux et en ciblant ceux à plus forte valeur ajoutée, et à améliorer la part des exportations d'huile en bouteille et d'huile d'olive biologique. À cet égard, divers fonds ont été créés pour soutenir les activités d'exportation et offrir un cadre favorable aux investisseurs, en plus de l'appui institutionnel dont jouit ce secteur (Fernandez et al., 2020 ; Elfkih et al., 2021). Une progression significative dans la réalisation de ces objectifs a été nettement observée. En effet, ces dernières années, une amélioration progressive de la production a été observée (passant de 154 000 t d'huile d'olive durant la période 2001-2011 à 211 000 t durant la décennie 2011-2021). En outre, une grande diversification

des destinations des exportations a eu lieu, touchant actuellement plus de 60 destinations un peu partout dans le monde. La part de l'huile d'olive conditionnée a été considérablement améliorée pour franchir les 10 % du total exporté. Enfin, il faut signaler l'importance de l'huile d'olive biologique tunisienne, qui se situe actuellement au premier rang mondial avec une superficie certifiée biologique de l'ordre de 245 000 ha, soit 70 % de la superficie agricole biologique en Tunisie.

2. Organisation de la filière et appui institutionnel

Le secteur oléicole se caractérise par la multiplicité de ses acteurs et le manque d'intégration horizontale et verticale au niveau de ses différents maillons. Malgré l'existence d'un cadre juridique adéquat à travers les Sociétés Mutuelles de Services Agricoles (SMSA), les Groupements de Développement Agricole (GDA) et les consortiums, les producteurs d'huile d'olive restent toujours réticents envers ce genre de groupement, hormis quelques exemples de succès au niveau du secteur biologique et au sein des agro-combinats issus de l'Office des Terres Domaniales (Elfkih et Karray, 2011 ; Fernandez et al., 2020 ; Elfkih et al., 2021).

L'État continue toujours à intervenir au niveau des différents maillons à travers de multiples mécanismes de soutien aux différents opérateurs de la filière. Les mécanismes d'appui et les fonds les plus importants sont : i) le Fonds d'Accès aux Marchés d'Exportation (FAMEX), projet du Ministère du Commerce, financé par la Banque mondiale, ayant pour objectif la promotion des exportations de l'huile d'olive conditionnée vers des marchés porteurs et dont la gestion a été confiée au CEPEX ; ii) le Fonds de Promotion des Exportations (FOPRODEX), mécanisme de soutien financier mis par l'État tunisien à la disposition des exportateurs pour leur permettre d'accéder au marché international et dont la gestion a été confiée au CEPEX ; iii) le Fonds de Promotion de l'Huile d'Olive Conditionnée (FOPROHOC), fonds pour la promotion du conditionnement et de l'exportation de l'huile d'olive conditionnée.

Les principales institutions d'appui intervenant directement ou indirectement dans le secteur oléicole, en plus du ministère de l'Agriculture et de l'ensemble de ses directions générales, ainsi que leurs principales missions, sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Les institutions d'appui du secteur oléicole tunisien

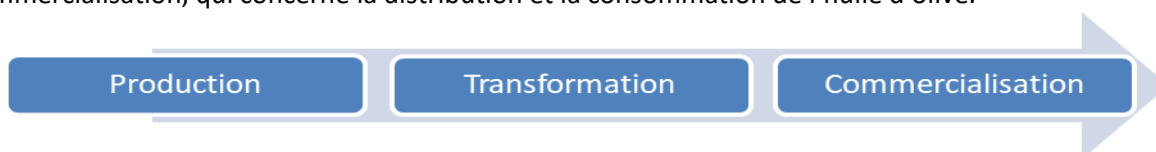
Institution	Principales missions
<p>ONH : Office National de l'Huile Etablissement public à caractère Industriel et commercial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrôle des normes sur la qualité de l'huile d'olive. ✓ Achat et vente des huiles d'olive auprès des oléifacteurs ✓ Suivi de toutes les opérations d'exportation.
<p>CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole, est un Etablissement public à caractère administratif.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulgarisation, formation, encadrements ... ✓ Gestion de l'eau d'irrigation ✓ Donner l'autorisation d'octroi des crédits ✓ Suivi du secteur oléicole grâce à des statistiques et des études... ✓ Financement et subvention des grands travaux
<p>AVFA : L'Agence de la Vulgarisation et de la Formation Agricoles, est un établissement public à caractère administratif.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vulgarisation, Encadrement et formation
<p>APIA : Agence de promotion des Investissements Agricoles : la promotion de l'investissement privé dans les domaines de l'agriculture, de la pêche et des services associés ainsi que dans les activités de la première transformation intégrées aux projets Agricoles et de la Pêche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Subvention des équipements pour les nouveaux Oléiculteurs... ✓ Octroi des avantages financiers et fiscaux aux promoteurs des petits projets ✓ Vulgarisation, encadrement et formation des promoteurs ...
<p>IO : L'institut de l'olivier est un établissement public à caractère administratif, sous tutelle de l'IRESA (MARHP).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recherche scientifique, études et des expérimentations afin de développer et promouvoir le secteur oléicole ✓ Développement et Valorisation des acquis de la recherche ✓ Formation des formateurs et encadrement.
<p>UTAP : L'Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche est une organisation professionnelle nationale de développement et à caractère syndical.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Représentation des agriculteurs. ✓ Encadrement, formation et vulgarisation...
<p>UTICA : L'Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (UTICA) est l'Organisation patronale qui représente les employeurs Tunisiens des secteurs industriel, commercial, de services et artisanal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Défense des intérêts des industriels du secteur oléicole comme d'autres secteurs, ✓ Veillé au progrès de ce secteur ✓ Vulgarisation, formation.
<p>API : Agence de Promotion de l'Industrie</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Constitution de société, formation des créateurs.
<p>INNORPI : Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formation, information, sensibilisation et encadrement des oléifacteurs en matière des nouvelles techniques de conduite, de transformation des olives et de préservation de la qualité des huiles...
<p>CEPEX : Centre de Promotion des Exportations</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Information et encadrement des exportateurs privés ✓ Subvention des frais de transport pour les

	<ul style="list-style-type: none"> exportateurs ✓ Assistance technique ✓ Faciliter l'accès aux systèmes d'information sur les marchés d'exportation ✓ Soutenir les programmes publicitaires et de marketing...
PACKTEC : Centre Technique de l'Emballage et du Conditionnement	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assistance technique, essais de laboratoire, mise à niveau en matière de conditionnement
CTAA : Centre Technique de l'Agro-Alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Est un organisme technique au service des professionnels de l'agro-alimentaire. Il œuvre en développement et à la promotion du secteur des industries alimentaires, en apportant une assistance aux différents intervenants du secteur.
CTAB : Le Centre Technique de l'Agriculture Biologique.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assistance technique et formation en matière d'agriculture biologique.
GICA : Groupement des Industries de Conserves Alimentaires.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Placé sous la tutelle du Ministère chargé de l'Industrie, il fédère les professionnels des filières de transformation de fruits, légumes et poisson.

Source : Elfkah et Ben abdallah, 2013

III. Composantes de la chaîne de valeur de l'huile d'olive

La chaîne de valeur de l'huile d'olive se compose essentiellement de trois maillons, qui sont : le maillon de la production des olives à huile ; le maillon de la transformation, au niveau duquel s'effectue la trituration des olives pour obtenir le produit fini, qui est l'huile d'olive ; et le maillon de la commercialisation, qui concerne la distribution et la consommation de l'huile d'olive.



1. Production

Le maillon de la production commence par la plantation des arbres, l'entretien des plantations jusqu'à leur entrée en production, la conduite de l'olivier, l'application du paquet technique adéquat et les différentes techniques culturales. La récolte et la détermination de la période de récolte, ainsi que les bonnes pratiques pour obtenir une bonne qualité d'huile d'olive, en font également partie. Toutes les informations concernant ce maillon sont issues du *Guide pratique de l'huile d'olive* (2017) (Eds. Institut de l'Olivier de la Tunisie). <http://www.iosfax.agrinet.tn/index.php/news/item/112-guide-pratique-de-l-huile-d-olive> (IO, 2017).

1.1. Plantation et entrée en production

Le processus de production des olives à huile commence quelques années après la plantation des oliviers. La période séparant la plantation de l'entrée en production varie selon le mode de conduite, la méthode de plantation et la variété utilisée. En mode de conduite irrigué, cette période est de l'ordre de 5 ans. Les plants peuvent être obtenus soit à travers des boutures semi-ligneuses, soit à travers la multiplication végétative, et c'est la méthode la plus utilisée actuellement. Avant la plantation, il faut suivre une série d'étapes : la préparation du sol à travers le travail du sol et

l'élimination des mauvaises herbes ; la fertilisation organique et minérale de fond avant plantation, vu la faible fertilité de la plupart des sols en Tunisie ; le nivellement du terrain et les travaux de CES si nécessaire ; l'installation de brise-vent si nécessaire ; le travail du sol de recroisement afin d'améliorer la structure du sol pour un meilleur développement des racines ; la préparation des trous selon les densités requises, de manière à avoir la meilleure orientation pour recevoir la luminosité et l'aération nécessaires. Avant la plantation, il faut s'assurer du choix des variétés les plus adaptées à la zone de plantation et au mode de conduite (en irrigué ou en pluvial) (Trigui et Msallem, 2002).

Concernant les densités, celles-ci sont variables selon le mode de conduite : elles varient de 208 à 285 arbres à l'hectare pour le mode intensif et peuvent atteindre 1666 pieds à l'hectare en mode hyper-intensif, avec des variétés étrangères comme l'Arbequina et l'Arbosana. Quant au pluvial, les densités sont très variables du nord du pays au sud ; elles sont de l'ordre de 200 pieds à l'hectare dans les régions où la pluviométrie est supérieure à 500 mm par an au nord du pays, de 100 pieds à l'hectare pour des pluviométries variant entre 300 et 400 mm et de 34 pieds à l'hectare lorsque les pluviométries sont de l'ordre de 200 mm par an. Ces densités peuvent atteindre 17 pieds à l'hectare au sud tunisien, où les pluviométries sont inférieures à 200 mm par an.

Actuellement, la plupart des oliviers sont produits par des pépinières certifiées. Les plants d'oliviers sont conservés dans des sacs en plastique afin de prolonger la période de plantation, qui s'étend en général de l'automne jusqu'au début du printemps (retarder la plantation dans les zones froides du NO). Les boutures sont placées le jour de la plantation dans des trous préalablement préparés et remplis d'un mélange de terre et de matière organique. Après la mise en place de la bouture, il convient de presser aux alentours pour chasser l'air et mieux stabiliser la plante. Il est également important de placer des tuteurs et d'arroser le jour même.

Des tuteurages peuvent être utilisés comme support pour les nouveaux plants pour avoir un bon développement du tronc principal. Ces nouveaux plants sont assez fragiles c'est pour cette raison qu'ils doivent être adéquatement entretenus surtout les trois premières années de leur croissance notamment à travers : l'apport des doses appropriées d'eau d'irrigation, la fertilisation, l'élimination des mauvaises herbes, la taille de formation et le travail du sol.

1.2. Mode de conduite et paquet technique

Un paquet technique adéquat est indispensable afin d'avoir de bonnes productions. Il s'agit du travail du sol, la taille des oliviers, la fertilisation, les traitements phytosanitaires et l'irrigation.

1.2.1. Travail du sol

Le travail du sol est une opération essentielle pour la culture de l'olivier permettant de favoriser l'aération du sol en profondeur, augmenter la capacité du sol à retenir l'eau, mais également de lutter contre les adventices et réduire l'évaporation directe du sol. Le nombre annuel de façons culturales (travail du sol) dépend de la pluviométrie de l'année, de la densité du couvert végétal et sa nature et de l'état de croissance et de la production du verger oléicole. Dans tous les cas ce nombre ne doit pas être inférieur à 4 interventions annuelles et ne doit pas excéder 6. Les interventions culturales, ainsi que le choix et l'alternance des outils les plus adaptés, sont déterminants et dépendent de la saison et de la nature du sol. Les disques ne sont pas recommandés en terre lourde à fort % d'argile. La semelle de labour créée, entrave le développement des racines. Cependant il faut noter, la tendance actuelle de NON-Labour pratiquée par de nombreux agriculteurs en vue d'augmenter la séquestration du carbone.

La combinaison d'outils la plus recommandée est la suivante :

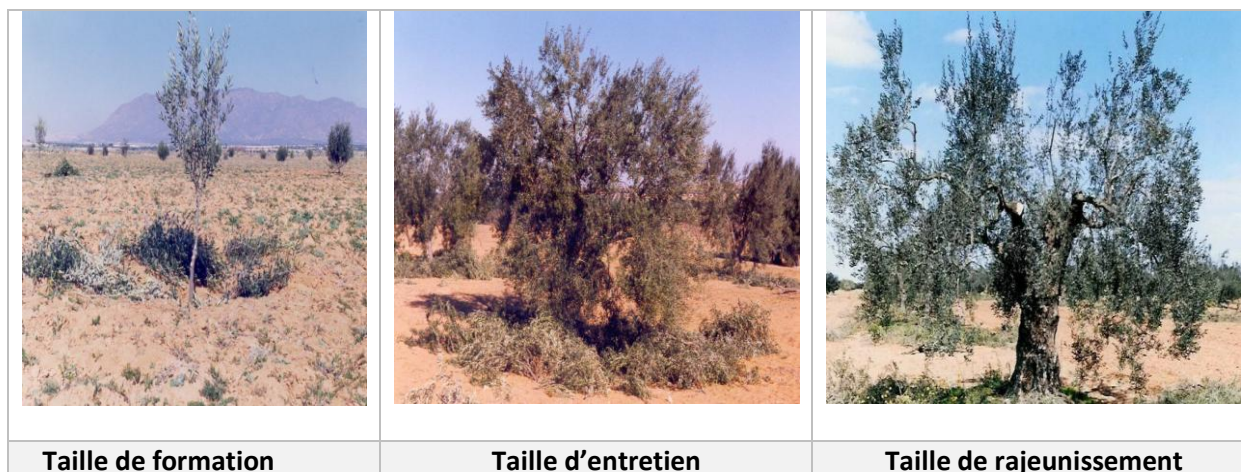
- Une intervention en automne (Septembre-Octobre) avec le cultivateur canadien équipé de socs en queue d’hirondelle qui devance le ratissage des arbres chargés d’olives (préparation du sol sous l’arbre juste avant la récolte pour faciliter l’opération de ramassage des olives qui chutent naturellement avant la récolte).
- Une intervention en hiver juste après la récolte et la taille, dont la date ne doit pas dépasser le mois de Janvier en utilisant une charrue à socs et versoirs ou les mini Chisels équipés de socs en pointes (entre fin Novembre et fin Janvier). Avant la réalisation de cette façon culturale, l’apport d’un amendement organique est fortement recommandé afin d’améliorer la fertilité du sol. En cas de présence d’un couvert végétal luxuriant, l’utilisation de la charrue est préférable, elle permettra l’enfouissement des herbes (engrais vert)
- Une intervention printanière précoce (Mars- début Avril) avec le cultivateur canadien équipé de socs en queue d’hirondelle.
- Une intervention estivale est nécessaire, entre Mai et début de Juillet avec le cultivateur canadien équipé de socs en queue d’hirondelle.
- Les années pluvieuses, lorsque la végétation adventice devient importante, une cinquième façon peut avoir lieu.

1.2.2. La taille de l’olivier

La taille est une opération culturale essentielle pour l’olivier ; elle permet l’élimination du bois mort et des rejets et permet à l’arbre d’avoir une meilleure interception de la lumière et une meilleure aération. Elle peut être aussi effectuée pour avoir un meilleur équilibre entre la croissance végétative et fructifère permettant ainsi d’accroître la production, de limiter l’alternance et de freiner le vieillissement.

Selon l’âge de l’arbre on distingue trois types de taille :

- La taille de formation est pratiquée sur les jeunes arbres durant les 3 premières années de culture afin de donner à l’arbre sa forme appropriée (Goblet ou axe libre) et de raccourcir la phase non productive.
- La taille annuelle d’entretien et de fructification est pratiquée chez les arbres adultes en production dans le but d’optimiser l’équilibre entre la masse végétative et les racines et pour mieux régulariser les productions d’olives et le plus longtemps possible. De plus, cette opération permet de régénérer les pousses végétatives de l’année qui porteront la production de l’année suivante.
- La taille de régénération est pratiquée sur les vieux arbres ou les arbres sénescents dont le ratio C/N (carbone/azote) devient important. Avec l’âge, les oliviers connaissent une grande accumulation de bois (dit mort) qui ne permet plus le renouvellement de la biomasse productive. Ainsi, la taille de rajeunissement se fait de manière une taille sévère qui permet de renouveler la végétation en éliminant le bois accumulé.



Source photos : <http://www.iosfax.agrinet.tn/index.php/news/item/112-guide-pratique-de-l-huile-d-olive>

1.2.3. Fertilisation

La fertilisation constitue une opération essentielle dans la conduite de l'olivier. En culture pluviale, elle est généralement réalisée deux fois par an, tandis qu'en culture irriguée, le nombre d'apports varie selon le mode d'irrigation adopté. Les fertilisants utilisés peuvent être organiques ou minéraux, principalement à base d'azote, de phosphore et de potassium. Les doses à appliquer diffèrent en fonction de l'âge des arbres, du stade phénologique, du mode de conduite et du niveau de production.

L'apport de matière organique (fumier et/ou compost) est particulièrement important pour améliorer les propriétés hydriques du sol, sa fertilité, ainsi que pour préserver sa structure et sa texture. Compte tenu des spécificités des vergers oléicoles, il est difficile d'établir un plan de fertilisation standard. C'est pourquoi il est recommandé de réaliser une analyse du sol avant la plantation, ainsi qu'un diagnostic foliaire en cours de culture, afin de déterminer les quantités d'éléments nutritifs à restituer et les corrections nécessaires.

Des outils d'aide à la décision, tels que l'analyse du sol et le diagnostic foliaire, permettent aujourd'hui d'élaborer un plan de fertilisation plus adapté. Étant donné l'importance de la fertilisation azotée pour la croissance de l'olivier et la production d'olives, celle-ci doit être rigoureusement raisonnée. Quant à l'amendement organique, il est conseillé d'apporter du fumier ou du compost tous les deux à trois ans, à raison d'environ 50 kg par arbre adulte. La fertilisation peut être effectuée par application au sol, par fertigation ou par pulvérisation foliaire.

1.2.4. Irrigation

L'olivier est un arbre rustique qui peut supporter des niveaux élevés de stress hydrique. Néanmoins, à partir d'un seuil critique, la croissance végétative, les rendements en olives ainsi que la qualité de l'huile d'olive sont considérablement affectés. L'olivier est un arbre qui a de formidables réponses aux apports supplémentaires en eau d'irrigation. D'ailleurs, la production des oliviers conduits en irrigué, peut être multipliée par 4 ou 5 fois en comparaison avec le régime pluvial surtout lorsque le paquet technique est correctement appliqué et que les apports d'eau sont effectués durant les périodes critiques, qui sont en nombre de 4.

Les périodes critiques pour l'irrigation sont les suivantes :

- Période de formation des bourgeons et qui va généralement du mois de février au mois de Mars.
- Période de durcissement du noyau qui va généralement de mi-Juin à mi-Juillet.
- Période de formation des bourgeons pour l'année suivante et de synthèse de l'huile qui démarre en juillet

- Période de croissance des fruits qui va de juin à octobre.

La détermination des doses d'irrigation dépend essentiellement de trois paramètres qui sont : l'évapotranspiration de la région de culture (ET_0), l'âge de la plantation (coefficient cultural K_c) et du taux de couverture du sol par la frondaison (Facteur minoratif K_r)

$$\text{Les besoins de l'olivier en eau (mm)} = ET_{0(mm)} \times K_c \times K_r$$

Il est recommandé d'apporter les doses d'irrigation de 7 à 10 jours avant les phases critiques signalées ci-dessus. Une cinquième dose d'irrigation peut être apportée dans le cas d'un manque de pluviométrie en automne afin de permettre à la plante de récupérer son stock avant l'hiver.

Différents modes d'irrigation sont adoptés dont le plus utilisé actuellement par les oléiculteurs est l'irrigation de surface (rigoles, cuvettes, planche...) ; le goutte à goutte représente 20-30%.



Mode d'irrigation goutte à goutte

Source : photo prise lors du travail de terrain

1.2.5. Traitement phytosanitaire

Les ravageurs et les maladies de l'olivier peuvent compromettre le bon développement de l'arbre ainsi que les récoltes sur une ou plusieurs années. Pour cette raison, des interventions doivent être réalisées au moment opportun afin de limiter au maximum les dégâts. Celles-ci doivent impérativement reposer sur un diagnostic précis du problème afin d'être efficaces. Les principaux ravageurs de l'olivier : la mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae*), la teigne de l'olivier (*Prays oleae*), le psylle de l'olivier, les acariens, entre autres. Quant aux maladies les plus fréquemment rencontrées, il s'agit principalement des maladies fongiques, de la verticilliose et de la maladie de l'œil de paon. La lutte contre ces ravageurs et maladies nécessite un diagnostic correct et réalisé en temps opportun. Des informations détaillées sur les principaux ravageurs et maladies de l'olivier, ainsi que sur les méthodes de lutte les plus appropriées, sont disponibles dans les documents techniques de l'Institut de l'Olivier (IO, 2017).

1.2.6. Récolte

La période de récolte des olives coïncide généralement avec la première quinzaine du mois de Novembre lors de la maturation des olives. Pour identifier le moment opportun, on peut se baser sur l'indice de maturité (IM) basé lui-même sur la coloration des fruits et qui est associé à la détermination du taux d'huile au laboratoire. Un équilibre entre l'optimisation des rendements en

huile et la qualité de l'huile d'olive est souhaité. La meilleure date de récolte dépend à la fois de la charge des arbres en olives et de l'état d'avancement de la maturité (Ben Rouina, 2021). Les principales étapes de la cueillette des olives sont :

- **Ramassage des olives chutées naturellement (appelées nchira).** Cette étape est nécessaire avant d'entamer l'opération de la récolte. C'est très important d'éviter de mélanger les olives fraîches et ces olives vu le goût rance de leurs huiles.
- **Couverture du sol par des filets en plastique.** Les filets utilisés sont en plastique tressés et de grandes tailles couvrant la frondaison de l'arbre (deux filets par arbre), ce qui empêche les olives de chuter au sol, minimisant les pertes en quantité et en qualité. Un labour est généralement réalisé avant cette étape.
- **La cueillette.** En Tunisie, la cueillette des olives s'effectue généralement d'une manière manuelle, en utilisant des peignes en plastique à 7 ou à 9 doigts. Ces outils, lorsqu'ils sont bien utilisés, font chuter peu de pousses et de feuilles et abîment moins d'olives.
- **Le vannage des olives récoltées.** C'est une opération manuelle qui est obligatoire pour débarrasser les olives cueillies des impuretés et particulièrement des feuilles.
- **Manutention et transport des olives aux huileries.** Les olives récoltées doivent être transportées immédiatement vers les huileries pour leur trituration. Le cas échéant, ces olives peuvent être stockées sur champs pour une période qui ne doit pas dépasser les 48 à 72 heures. Ces olives doivent être conservées sous abri et dans un milieu bien aéré. En Tunisie, le plus recommandé est l'utilisation des caisses en plastique pour transporter les olives aux huileries. Nonobstant, la plupart des agriculteurs transportent leurs olives en sacs en jute (50 kg) qui est un moyen préconisé et salubre.



Récolte manuelle des olives en Tunisie

Source photos : <http://www.iosfax.agrinet.tn/index.php/news/item/112-guide-pratique-de-l-huile-d-olive>

2. Transformation

2.1. Différentes étapes pour avoir une huile d'olive

La transformation des olives et l'extraction de l'huile nécessite la succession de quatre étapes : i) le tri et le lavage des olives ; ii) Le broyage des olives ; iii) l'extraction du moût d'huile et la séparation de l'huile et de l'eau (Ayadi et al., 2013).

- **Le tri et lavage des olives** qui correspond à l'élimination des feuilles et les brindilles puis le lavage à l'eau froide.

- **Le broyage des olives** qui consiste à briser les parois des cellules pour en faire sortir les sucs. Il est effectué soit à l'aide d'un broyeur à meules pour le procédé d'extraction classique soit par un broyeur à marteaux pour le système continu à deux ou à trois phases. Le produit de cette phase constitue la pâte (masse broyée) qui passe dans un malaxeur afin de favoriser la séparation de l'huile du reste des constituants.
- **L'extraction du moût d'huile** qui sert à séparer la phase liquide (émulsion eau-huile) de la phase solide. Il existe deux méthodes d'extraction selon le type d'installation : la pression et la décantation.
- **La séparation de l'huile et de l'eau** : au cours de cette étape on sépare les deux phases liquides non miscibles et une grande partie des dépôts. La phase aqueuse résiduelle est formée par les margines qui sont des effluents toxiques. L'huile ainsi produite sera stockée temporairement dans les huileries avant d'être commercialisée.

2.2. Systèmes d'extraction de l'huile d'olive

Trois systèmes d'extraction de l'huile d'olive sont actuellement utilisés :

- Système discontinu de presse et de super presse.
- Système continu à deux phases.
- Système continu à trois phases.

Pour le système traditionnel, après la pression, la phase liquide est transposée dans des réservoirs où la décantation se produit naturellement : séparation de la phase huileuse de la phase aqueuse selon la densité. Pour les huileries modernes, la décantation se fait par centrifugation dans un décanteur. Il s'agit d'un cylindre métallique tournant à grande vitesse (3000 tours/minute), dans lequel les différents composants de la pâte se séparent en fonction de leur densité. L'huile, plus légère que l'eau et les matières solides, s'accumule séparément des autres éléments au centre du cylindre. Le système continu à trois phases génère l'huile, la margine et le grignon, alors que le système à deux phases, qui constitue une innovation du précédent, sépare l'huile et l'ensemble du mélange (grignon et eaux de végétation) en une phase unique sous forme de pâte, appelée grignon humide. Ce procédé consiste en une modification des centrifugeuses horizontales ou décanteurs afin de ne produire que deux phases. De plus, ce système fonctionne sans addition d'eau à la masse d'olives. Les installations déjà citées se différencient non seulement par leurs caractéristiques techniques, mais aussi par leur capacité de production, le niveau de mécanisation, l'organisation du travail, le rendement qualitatif et quantitatif ainsi que les coûts de production (Ayadi et al., 2013).

Les trois figures (3, 4 et 5), expliquent les différents procédés de transformation des olives à huile.

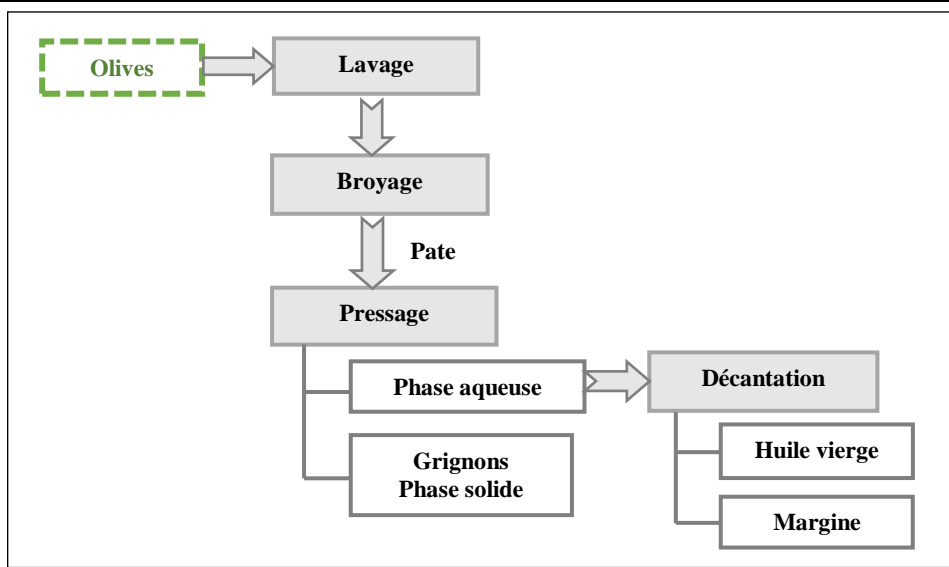


Figure 3. Systèmes d'extraction par presses classiques et par super presse

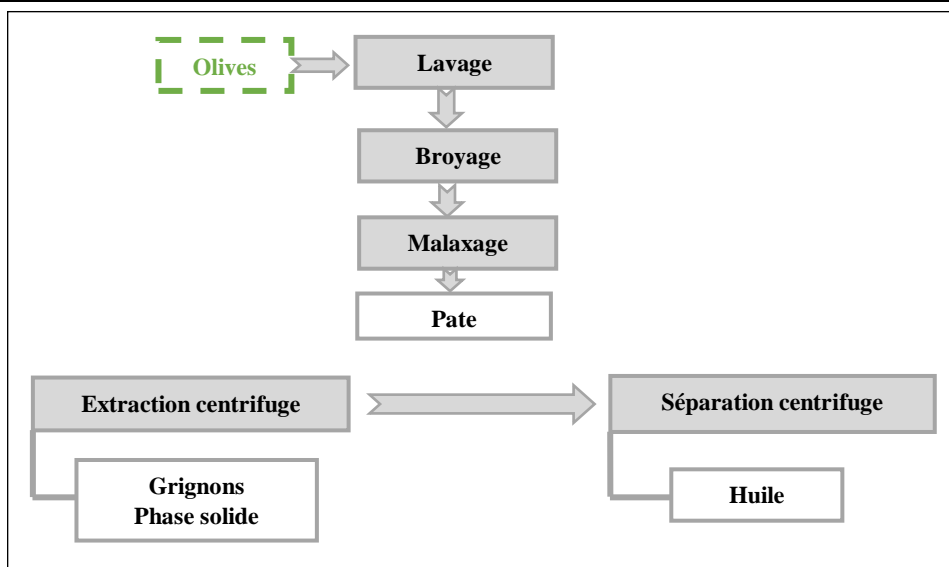


Figure 4. Système d'extraction par centrifugation à deux phases

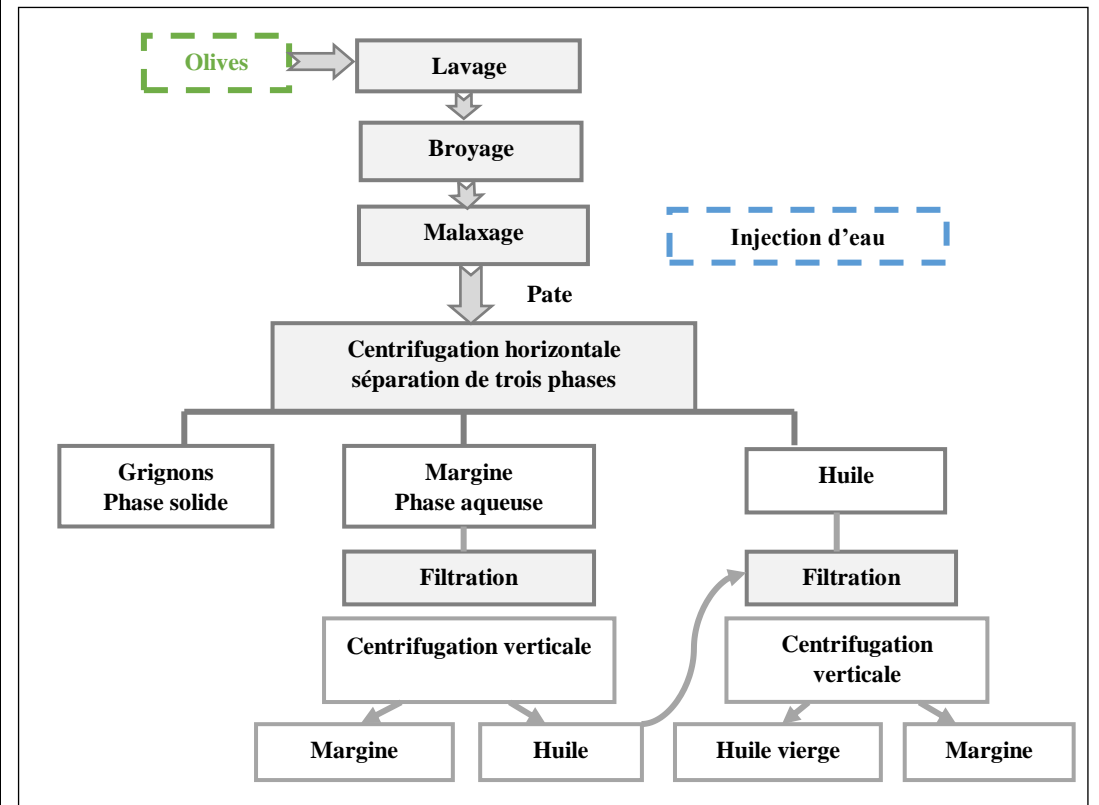


Figure 5. Système d'extraction par centrifugation à trois phases

Figure 3, 4 et 5. Différents Systèmes d'extraction de l'huile d'olive (Source : Ayadi et al., 2013)

3. Commercialisation

Les producteurs des olives à huile suivent plusieurs démarches pour la commercialisation de leur produit.

- Certains producteurs vendent leur production sur pied (« khedhara »). En Tunisie, il s'agit d'un mode de commercialisation très répandu, notamment chez les agriculteurs qui rencontrent des difficultés financières pour couvrir les frais liés à la récolte ou qui font face à un manque de main-d'œuvre.
- Les olives à huile peuvent également être vendues à des intermédiaires qui achètent directement au niveau de l'exploitation agricole. Ce mode de commercialisation permet aux agriculteurs de réduire les frais de transport ainsi que les efforts liés à l'acheminement des olives récoltées vers les huileries ou les marchés de vente.
- Vente des olives aux huileries ou au niveau des marchés des olives à huile (tel que Souk Gremda à Sfax)
- Trituration des olives et vente de l'huile d'olive. Cette opération peut être effectuée par les agriculteurs eux-mêmes ou par les huileries.
- L'huile d'olive produite est écoulée au niveau du marché local ou exportée à travers des exportateurs agréés.
- Les prix des olives à huile ou de l'huile d'olive subissent les évolutions des prix des marchés internationaux. En effet, le marché de l'huile d'olive est un marché libre qui dépend de la loi de l'offre et la demande mondiale. L'Etat n'intervient pour la régulation du marché sauf en années de grandes difficultés à travers l'ONH.

D. Productivité économique de l'eau le long de la chaîne d'huile d'olive : cas du Gouvernorat de Kairouan

La productivité de l'eau constitue un enjeu central pour l'atteinte des objectifs de sécurité alimentaire. En effet, la comptabilité de l'eau représente un outil d'aide à la décision particulièrement utile pour une gestion plus efficace de la ressource hydrique tout au long de la chaîne de valeur. Afin de conduire une analyse quantitative de la productivité de l'eau, tant sur le plan biophysique qu'économique, une démarche méthodologique a été adoptée. Celle-ci repose sur la réalisation d'enquêtes de terrain, suivie de l'analyse des données collectées, et se conclut par l'identification de recommandations et d'options potentielles d'amélioration.

I. Zone de Kairouan

Le gouvernorat de Kairouan est situé dans la région du Centre-Ouest de la Tunisie. Il est délimité par les gouvernorats de Zaghouan et Siliana au nord, Kasserine et Sidi Bouzid à l'ouest, Sfax au sud, ainsi que Sousse et Mahdia à l'est. Il comprend 13 délégations, dont quatre font l'objet de la présente étude : Chbika, Menzel Mhiri, Sbikha et Chrarda (figure 7). La région se caractérise par un climat aride, avec des températures moyennes comprises entre 5 et 21 °C en hiver et entre 25 et 42 °C en été. La pluviométrie annuelle moyenne est d'environ 300 mm.

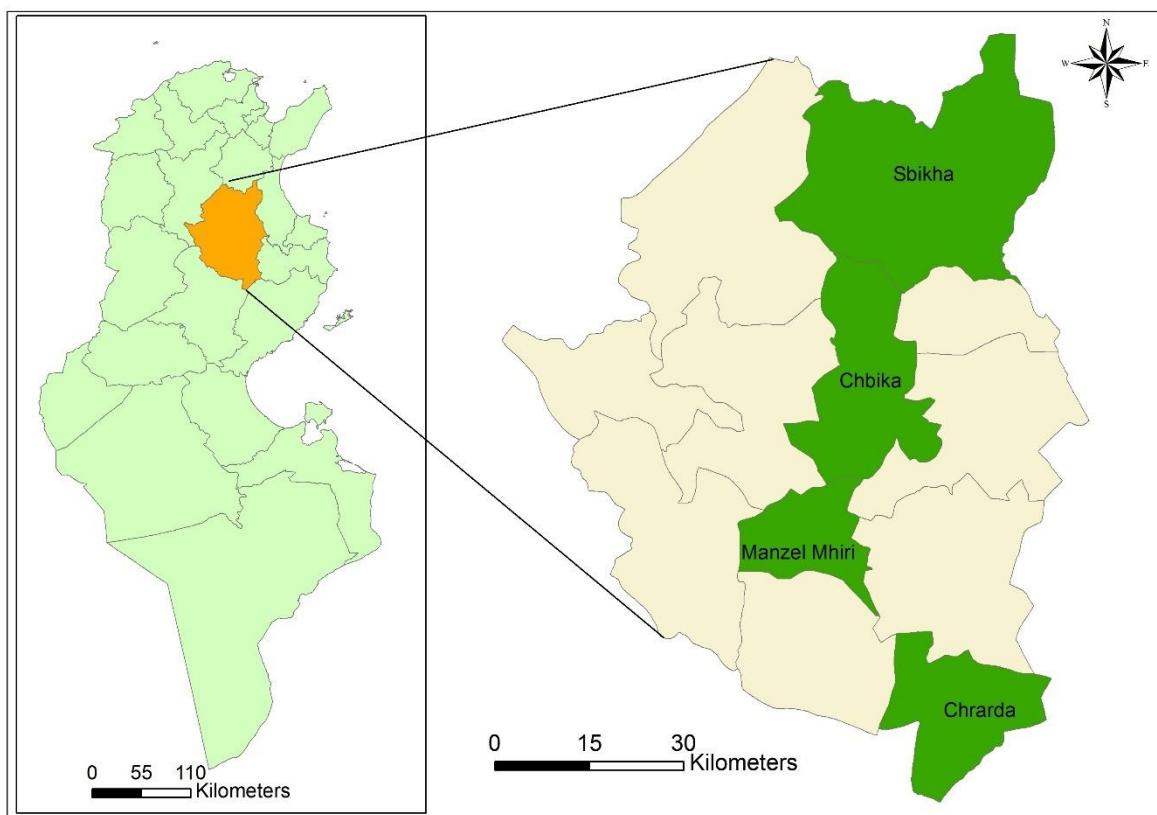


Figure 6. Carte de la zone d'étude

Source : Elaboration propre

L'agriculture demeure le secteur le plus important pour l'économie locale avec 657.700 hectares de terres agricoles. En effet, la région se caractérise par une importante production

de légumes (piments et tomates) et de fruits (olives, abricots, amandes etc.). La culture de l'Olivier est une composante principale de l'agriculture dans la région de Kairouan. Elle occupe une superficie totale de l'ordre de 204.000 ha soit 31% de la superficie agricole de la zone et plus de 10% de la superficie oléicole totale en Tunisie. Quant à la superficie oléicole conduite en irrigué, elle est de 16.500 ha soit 8% de la superficie oléicole de la zone et 18% de la superficie totale de l'olivier en irrigué de la Tunisie (AGRIDATA, 2019).

Dans la région de Kairouan les huileries représentent le noyau central du tissu industriel oléicole. D'après les statistiques du CRDA de Kairouan les huileries en 2020/2021 étaient au nombre de 142 huileries dont : 1 du système traditionnel, 6 huileries du système super-presse, 4 huileries système continu à deux phases et 131 huileries avec système continu à trois phases. La capacité totale de trituration est de l'ordre de 11.600 tonnes d'olive par jour (Tableau, 2).

Tableau 2. Les huileries selon le système d'extraction dans la région de Kairouan

Système d'extraction	Nombre des huileries	%
Traditionnel	1	0,7
Super-presse	6	4,2
Trois phases	131	92,3
Deux phases	4	2,8
Total	142	100

Source : CRDA Kairouan (2021)

II. Concepts et méthodes

1. Phase Agriculture

1.1. Objectifs

Au niveau de la phase agricole les objectifs suivants sont fixés :

- Evaluation de la productivité de l'eau (biophysique et économique) au niveau de la phase agricole.
- Quantification des pertes des olives au niveau de la phase agricole (récolte) et calcul de la productivité biophysique et économique prenant en considération des pertes.
- Proposition de recommandations sur les possibles options d'amélioration.

1.2. Echantillon

Les enquêtes de terrain ont concerné au total 40 exploitations, réparties sur 4 délégations du gouvernorat de Kairouan à savoir les délégations de Chbika, Manzel Mhiri, Sbikha et Chrarda. Dix exploitations ont été choisies et classées par strates de superficies dans chaque délégation (Tableau 3). La Sélection de l'échantillon a été réalisée en concertation avec le chef d'arrondissement de la production végétale du CRDA (Commissariat Régional de Développement Agricole) de Kairouan et les chefs des CTV (Cellules Territoriales de Vulgarisation) et CRA (Centres Régionaux de Rayonnement) des zones concernées. Cette sélection a été basée sur plusieurs critères de façon à avoir un échantillon représentatif de la région considérant les aspects suivants : i) la pratique de l'irrigation, ii) les superficies des exploitations iii) les systèmes de production ; iv) les systèmes d'irrigation et v) la participation de la femme à l'activité agricole (Tableau, 3).

Tableau 3. Nombre d'agriculteurs pris par strate de superficie dans les échantillons des quatre délégations du Gouvernorat de Kairouan

Délégation	Strate de superficie (ha)		
	<3	3-10	>10
Chbika	2	6	2
ManzelMhiri	5	5	-
Sbikha	2	5	3
Chrarda	-	4	6

Source : Elaboration propre

1.1. Rubriques de l'enquête

L'enquête comporte 6 rubriques :

A. Informations générales et socio-économiques (Niveau d'instruction, Implication de la famille dans l'activité agricole, Implication de la femme dans l'activité agricole, Pluriactivité, Engagement et vie participative (GDA, SMSA), Régime de faire valoir, Accès aux services et infrastructure disponible)

B. Ressources et pratiques de cultures (Informations sur l'exploitation, Production et commercialisation, Pratiques de culture, Problèmes et stratégies d'adaptation)

C. Ressources et pratiques techniques liées au sol (Utilisation du fumier, Utilisation des engrais, Problèmes et stratégies d'adaptation)

D. Ressource en eau (Sources d'eau, Systèmes d'irrigation, Calendrier d'irrigation et consommation d'eau, Problèmes et stratégies d'adaptation)

E. Charges et coûts liés aux pratiques de culture (travail du sol, taille, récolte, irrigation, fertilisation et main d'œuvre)

2. Phase de la transformation

2.1. Objectifs

Afin de déterminer la productivité biophysique et économique de l'eau (PE) au niveau des huileries et des différents systèmes d'extraction dans la région de Kairouan, les sous-objectifs suivants ont été définis :

- Évaluer la productivité de l'eau dans les huileries de Kairouan à l'aide d'indicateurs clés pertinents ;
- Réaliser une analyse comparative des trois systèmes de trituration existants : presse traditionnelle, système à trois phases et système à deux phases ;
- Formuler des recommandations d'amélioration au niveau des huileries, notamment en matière de bonnes pratiques d'utilisation de l'eau et d'adoption de technologies d'extraction plus performantes, permettant de réduire les besoins en main-d'œuvre et en eau.

2.2. Echantillon

Huit huileries situées dans la zone de Kairouan ont été enquêtées, auxquelles s'ajoutent trois huileries de référence (ou témoins), dont une fonctionnant selon le système à deux phases et deux

selon le système traditionnel. La répartition de ces huileries reflète l'importance relative des différents systèmes d'extraction les plus répandus dans la zone d'étude.

Le tableau 4 présente la liste des huileries enquêtées ainsi que des huileries de référence, classées selon le système d'extraction adopté.

En raison du nombre limité d'huileries traditionnelles dans la zone d'étude et de la faible disponibilité de leurs responsables au moment de la collecte des données, deux huileries traditionnelles situées en dehors de la zone d'étude ont été intégrées à l'analyse. Cette inclusion vise à fournir un aperçu plus représentatif du fonctionnement de ce type d'huileries.

Tableau 4. Distribution des huileries enquêtées par système d'extraction

Zone	Huilerie	Système d'extraction		
		Continu à deux phases	Continu à trois phases	Traditionnel (Presse)
Zone d'étude : Kairouan	Huilerie 1		X	
	Huilerie 2		X	
	Huilerie 3		X	
	Huilerie 4		X	
	Huilerie 5		X	
	Huilerie 6		X	
	Huilerie 7		X	
	Huilerie 8	X		
Hors zone d'étude : huileries de référence	Huilerie 9	X		
	Huilerie 10			X
	Huilerie 11			X

Source : Elaboration propre

2.3. Rubriques de l'enquête

Les principaux paramètres pris en compte lors de la collecte des données sont les suivants :

1. Source(s) d'approvisionnement en eau ;
2. Points d'alimentation en eau au niveau des équipements ;
3. Points d'évacuation des eaux usées ;
4. Circuits d'évacuation ;
5. Infrastructures de stockage de l'eau et des effluents ;
6. Quantités d'eau utilisées et volumes d'effluents liquides générés, ainsi que leur destination finale ;
7. Eau de procédé (eau de process) ;
8. Fréquence de renouvellement de l'eau de lavage ;
9. Laveuse : volume d'eau utilisé et fréquence de renouvellement ;
10. Décanteur : volume d'eau injecté lors de la phase de séparation solide-liquide ;
11. Centrifugeuse verticale : volume d'eau injecté lors de la phase de séparation liquide-liquide.

Une synthèse de la méthodologie adoptée pour l'estimation de la productivité de l'eau au niveau des huileries est présentée dans la figure 7.

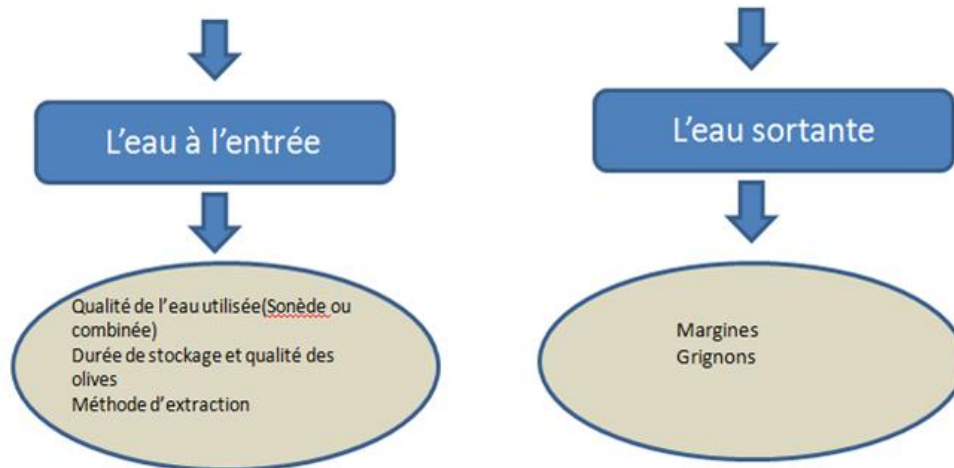
Quantifier l'eau utilisée dans les huileries par rapport à la quantité d'olives triturées

L'objectif est de calculer la PE par rapport au kg d'olives triturées en dissociant l'eau injectée et l'eau rejetée par le système d'extraction de l'huile:

kg d'olives triturées /m³ d'eau injectée

kg d'olives triturées/m³ d'effluents liquides ou /kg d'effluents solides.

Etudier les facteurs affectant la quantité d'eau utilisée lors de l'extraction de l'huile d'olive



Proposer des améliorations au niveau des huileries:

Comparer la consommation en eau des différents systèmes et huileries afin de constater les déficiences et de rechercher les possibilités d'y remédier.

Adoption d'une technologie d'extraction améliorée diminuant les quantités d'eau à l'entrée et à la sortie avec une meilleure qualité de l'huile d'olive extraite.

Figure 7. Schéma récapitulatif de l'approche méthodologique pour la détermination de la PE au niveau des huileries étudiées.

Source : Elaboration propre

3. Evaluation des pertes en olive sur toute la chaîne de valeur oléicole

Bien que l'olive à huile soit un produit principalement destiné à la transformation et relativement moins périssable que d'autres produits agricoles, elle demeure sujette à des pertes tout au long de la chaîne de valeur. Ces pertes peuvent être observées aussi bien au niveau de la phase agricole qu'au niveau de la phase de transformation. Lors de la phase de commercialisation, les pertes concernent essentiellement la qualité de l'huile produite ; cet aspect ne sera toutefois pas traité dans le cadre de la présente étude. Au niveau de la phase agricole, les pertes sont principalement liées à la chute des olives avant la récolte ainsi qu'aux fruits non accessibles qui restent sur l'arbre après la cueillette. Les taux de pertes sont très variables et résultent de la combinaison de plusieurs facteurs, notamment la force d'attache des olives, la vigueur des arbres, les outils de récolte utilisés, le degré de spécialisation des agriculteurs, le temps consacré à l'activité agricole, ainsi que la qualité de la main-d'œuvre mobilisée pour la récolte. La question des pertes le long de la chaîne de valeur a été relativement peu étudiée, et les estimations fournies par les différents acteurs de la filière peuvent manquer de précision. Afin d'évaluer ces pertes de manière plus rigoureuse, l'estimation retenue dans cette étude repose conjointement sur : (i) des essais scientifiques réalisés par des chercheurs de l'Institut de l'Olivier (Ben Taher et al., 2006), dans lesquels plusieurs méthodes de récolte ont été comparées en précisant les pertes enregistrées au niveau du maillon production ; (ii) l'avis d'experts de la filière concernant les pertes aux différents maillons de la chaîne de valeur. En complément, les

déclarations des opérateurs ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire direct (tableau 5), et intégrées dans l'analyse.

Tableau 5. Source d'information et méthodologie pour la détermination des pertes en olive

Sources d'information	
Maillon de l'agriculture	
Bibliographie et expérimentation à l'IO	Bentaher H., Benrouina B., Gargouri K., 2006. Et des rapports d'activité internes de l'IO.
Enquêtes auprès des agriculteurs	10 agriculteurs
Avis des Experts	4 Experts
Maillon de la transformation	
Enquêtes auprès des huileries	18 huileries
Avis des experts	2 Experts

Source : Elaboration propre

D'après les informations recueillies, les principaux constats suivants ont été dégagés :

▼ Pertes au niveau de la phase agricole

Les pertes observées au stade de la production sont principalement associées aux facteurs suivants :

1. **Force d'attache des olives à l'arbre** : ce paramètre est d'autant plus déterminant que la charge fructifère de l'arbre est élevée, et inversement. Il influence directement la chute des olives avant la récolte. La plupart des agriculteurs collectent ces olives tombées au sol, appelées en Tunisie « Nchira », qui sont généralement acheminées en début de campagne vers les huileries pour être triturées séparément des olives fraîches. Toutefois, une proportion non négligeable de ces olives n'est pas ramassée et peut ainsi être perdue à ce stade.
2. **Vigueur et taille des arbres** : pour les arbres de petite taille, les pertes lors de la récolte demeurent limitées. En revanche, les arbres vigoureux présentent des taux de pertes plus élevés, principalement en raison des difficultés d'accès à certaines branches. Ces pertes sont généralement plus importantes chez les agriculteurs pluriactifs que chez les agriculteurs spécialisés. Ces derniers assurent en effet un suivi plus rigoureux et un contrôle direct des opérations de récolte sur le terrain, ce qui n'est pas toujours possible pour les agriculteurs disposant de moins de temps en raison d'activités parallèles.
3. Le degré de maturation des olives, impacte également le taux de chute.
4. L'état de stress accélère aussi les chutes

Selon la littérature ainsi que les déclarations des agriculteurs et des experts, les pertes au niveau de la phase agricole varient en moyenne entre 2 % et 6 %. Dans le cadre de cette étude, elles apparaissent fortement liées au degré de spécialisation et d'engagement des agriculteurs dans l'activité oléicole.

▼ Pertes au niveau de la phase de transformation

Les pertes enregistrées au stade de la transformation sont essentiellement liées à l'opération de lavage des olives. D'après les déclarations des oléificateurs et des experts, ces pertes restent très faibles et ne dépassent pas, dans les cas les plus défavorables, 1 %. Elles sont observées principalement dans les huileries fonctionnant selon les systèmes à trois phases et à deux phases, où l'opération de lavage est réalisée au début du processus de trituration.

III. Productivité économique de l'eau à Kairouan

1. Phase agricole

1.1. Conditions de culture de l'olivier à Kairouan

La culture de l'olivier à huile — notamment les variétés Chemlali et Chetoui — constitue la principale composante de la majorité des exploitations enquêtées. Toutefois, la présence de cultures intercalaires, en particulier des cultures annuelles, conserve une importance notable. Selon les agriculteurs interrogés, ces cultures intercalaires jouent un rôle économique significatif, notamment lors des années de faible production oléicole. Par ailleurs, certains exploitants se consacrent exclusivement à l'oléiculture. Ce choix repose sur plusieurs facteurs : (i) la rareté des ressources en eau ; (ii) le manque de temps, en particulier pour les agriculteurs pluriactifs ; et (iii) une stratégie de spécialisation en oléiculture, notamment chez les exploitations de grande taille.

En se basant sur les systèmes de production rencontrés, deux types de systèmes sont identifiés :

- Les exploitations spécialisées en oléiculture : ce sont les exploitations où l'olivier est cultivé en monoculture et représente 100% de l'occupation des sols. Ce type représente 37% du total des exploitations dans les quatre localités de la zone d'étude.
- Les exploitations où une diversité des cultures est observée : l'olivier constitue toujours une composante principale dans ces exploitations avec la présence de cultures en intercalaire. Ce système de production est dominant dans la région et il est adopté dans 63% des exploitations étudiées.

Mis à part la délégation de Chbika où le blé dur est cultivé en intercalaire, les cultures maraichères constituent les seules cultures conduites en intercalaire pour le reste des délégations. Chaque délégation s'est spécialisée dans certaines cultures en intercalaires qui semblent être plus adaptées aux caractéristiques physiques et socio-économiques de celles-ci. Les agriculteurs déclarent toujours adapter leurs plans de culture à la disponibilité de l'eau tout au long de la saison agricole. Selon les déclarations des agriculteurs, les principales cultures conduites en intercalaire sont la tomate, le piment et le blé dur à Chbika, le piment, l'oignon et la pastèque à Menzel Mhiri, les petits pois, le piment, la tomate et les oignons à Sbikha et principalement la pomme de terre à Chrarda.

Toutes les exploitations étudiées sont conduites en irrigué. Quatre systèmes d'irrigation ont été recensés dans la région.

- Le système d'irrigation goutte à goutte : c'est le système le plus utilisé par les agriculteurs enquêtés. Il est utilisé par 80% des agriculteurs à Chbika et Sbikha, 70% à Chrarda et 40% à Manzel Mhiri.
- Le système d'irrigation par planche : ce système a été cité uniquement à Chrarda où il est utilisé par 20% des agriculteurs.
- Le système d'irrigation par sillons : ce système a été cité uniquement à Sbikha où il est utilisé par 20% des exploitations.
- Le système d'irrigation manuel qui utilise des tuyaux reliés directement à la conduite principale et que l'agriculteur déplace manuellement d'un arbre à un autre. Ce système est très utilisé dans la délégation de Manzel Mhiri où les exploitations sont de petite taille.

L’approvisionnement en eau d’irrigation dans les délégations étudiées se fait à travers trois types de sources d’eau : i) le barrage Haoureb sur l’oued Marguellil, qui alimente un périmètre public irrigué (PPI), ii) des forages privés et iii) des forages publics alimentant des PPI. Plus de détails sur les exploitations de la zone d’étude se trouvent au niveau des tableaux A2-A5 de l’annexe.

1.2. Conduite de l’Olivier à Kairouan

Les principales opérations culturales adoptées par les agriculteurs de la zone dans la conduite de l’olivier portent sur: le travail du sol, la taille des oliviers, la fertilisation, les traitements phytosanitaires et l’irrigation.

1.2.1. Travail du sol

Le travail du sol constitue une opération essentielle en oléiculture. Il permet de favoriser l’aération du sol en profondeur, d’améliorer sa capacité de rétention en eau, mais également de lutter contre les adventices et de réduire l’évaporation directe. Les agriculteurs de la zone déclarent effectuer entre quatre et six labours par an, en fonction de la pluviométrie, des possibilités d’irrigation et du type de sol. En règle générale, ils réalisent un labour en automne, avant l’opération de ratissage précédant la récolte, un labour profond en hiver, un à deux labours au printemps et un à deux labours en été. Le labour traditionnel à la charrue à traction animale demeure pratiqué par respectivement 70 % et 80 % des agriculteurs des délégations de Chbika et Menzel Mhiri (figure 8). En revanche, à Sbikha et Chrarda, le travail du sol est largement mécanisé, avec des taux respectifs de 90 % et 70 % des exploitations.

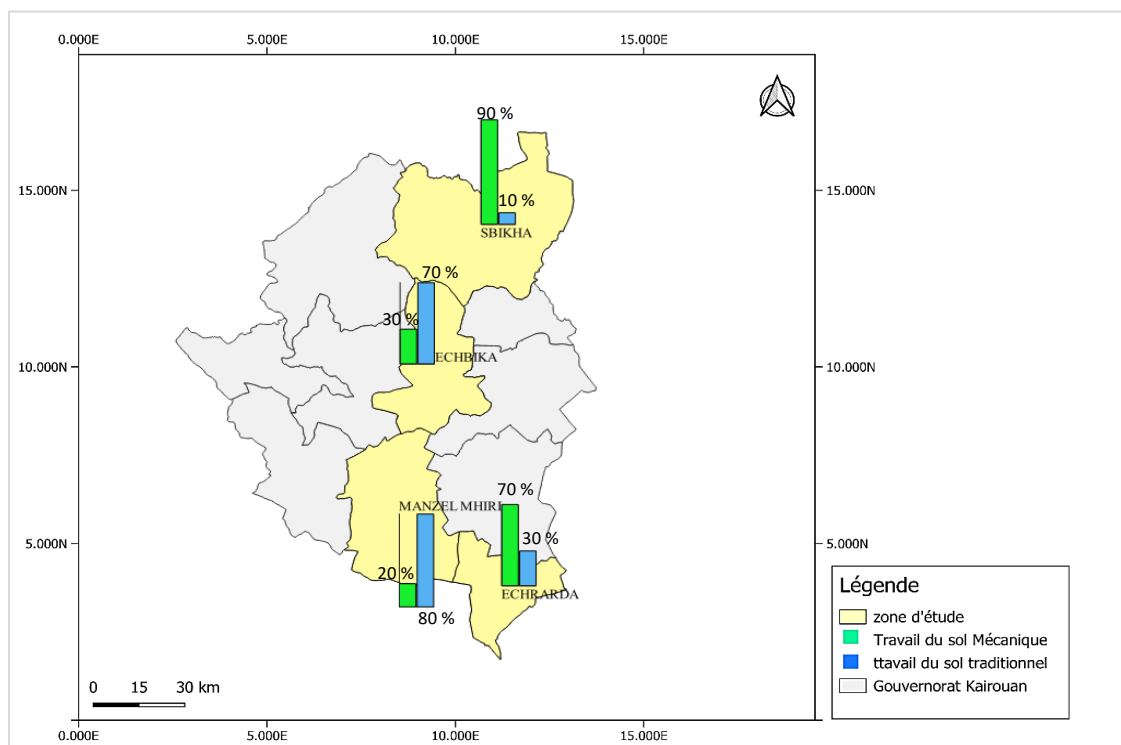


Figure 8. Pourcentage des agriculteurs utilisant des modes et outils de travail du sol traditionnels et mécanisés dans les quatre délégations du gouvernorat de Kairouan.

Source : Elaboration propre

1.2.3. Opération de la taille des oliviers

La taille constitue une opération culturale clé en oléiculture. Elle vise à améliorer l'aération et l'ensoleillement de l'arbre, à maintenir l'équilibre entre croissance végétative et fructification, et à limiter l'alternance de production ainsi que le vieillissement. Comme déjà signalé, selon l'âge de l'arbre, on distingue la taille de formation, la taille d'entretien et de fructification, et la taille de régénération.

La totalité des exploitants (100 %) ont déclaré être conscients de l'importance de cette opération. En effet, tous les agriculteurs de la zone effectuent la taille d'entretien et de fructification chaque année ou tous les deux ans, selon le niveau de production de l'année en cours. Cette opération est réalisée immédiatement après la récolte et s'étend généralement jusqu'aux mois de mars-avril. Les agriculteurs l'effectuent eux-mêmes ou font appel à des tailleurs professionnels spécialisés, malgré le coût relativement élevé de cette opération.

1.2.4. La fertilisation

La fertilisation est une opération nécessaire pour la culture de l'olivier. Elle est généralement effectuée deux fois par an. Les fertilisants appliqués sont des engrais organiques ou chimiques à base azotée. Les doses diffèrent selon le stade de croissance de la plante ainsi que le niveau de fructification. La plupart des agriculteurs pratiquent leurs plans de fertilisation en se basant sur leur expérience, en concertation avec les fournisseurs ou en consultant les responsables techniques du CTV et du CRA de la zone. La plupart des agriculteurs n'effectuent pas les analyses appropriées pour établir le programme de fertilisation. En outre, la plupart des agriculteurs ne sont pas conscients des dangers associés à la fertilisation chimique. Les agriculteurs déclarent effectuer la fertilisation minérale en deux périodes : en automne, avant la maturité des fruits (véraison), et au printemps, avant la floraison.

L'apport de matière organique (fumier et/ou compost) est essentiel pour améliorer les propriétés hydriques et la fertilité du sol, ainsi que pour préserver sa structure et sa texture. La plupart des agriculteurs des délégations étudiées sont conscients de l'importance de cette opération. Ils apportent, tous les deux ans, dans la mesure de leurs possibilités et des disponibilités, du fumier essentiellement ovin. Les agriculteurs pratiquant l'élevage utilisent généralement le fumier disponible sur leurs exploitations. La majorité des agriculteurs n'ont pas effectué d'analyses de sol et n'ont aucune idée de l'adéquation entre leurs apports en matière organique et les besoins réels de la culture.

Par rapport aux exploitations enquêtées, on peut observer trois catégories d'exploitations :

- Des exploitations dans lesquelles les agriculteurs n'effectuent pas la fertilisation (généralement par manque de fonds de roulement).
- Des exploitations d'oliviers en plein, bénéficiant d'un plan de fertilisation.
- Des exploitations où l'olivier est cultivé en association avec une culture annuelle intercalaire et peut profiter de la fertilisation apportée aux cultures intercalaires de façon indirecte (à travers les amendements aux autres cultures).

La répartition des exploitations selon ces trois catégories, donnée à la figure 10, montre une diversité des situations, avec des pourcentages d'agriculteurs pratiquant la fertilisation directe de l'olivier entre 30 et 70 %, alors que ceux qui n'appliquent pas de fertilisants se situent entre 10 et 40 %, selon la localité.

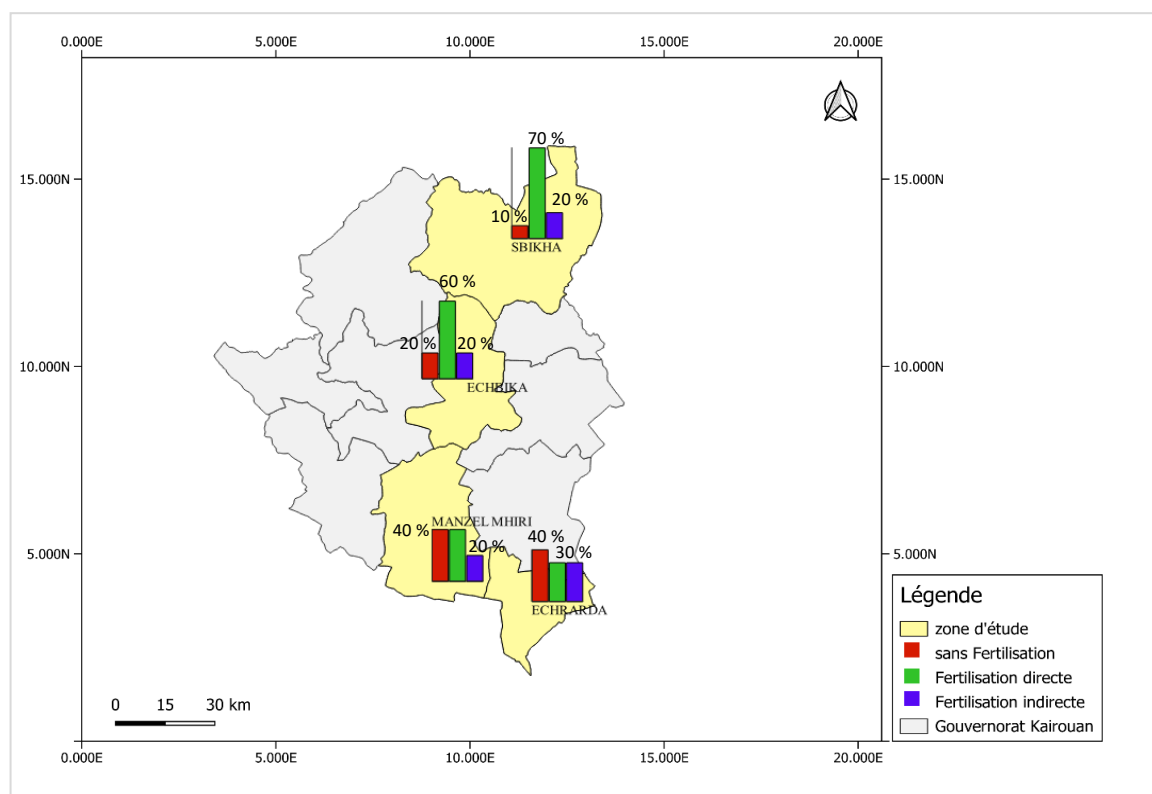


Figure 9. Pourcentage des agriculteurs des localités de Chbika, Menzel Mhiri, Sbikeha et Chrarda utilisant la fertilisation directe de l'olivier et de ceux qui n'appliquent pas de fertilisation spécifique à l'olivier

Source : Elaboration propre

1.2.5. Traitement phytosanitaire

Les maladies et ravageurs de l'olivier peuvent nuire au développement de l'arbre et aux récoltes, rendant nécessaires des interventions opportunes et basées sur un diagnostic précis pour limiter les dégâts. Au niveau de la zone d'étude, le diagnostic des maladies est réalisé en général en se basant sur : (i) l'expérience des agriculteurs, (ii) les recommandations des fournisseurs d'intrants et (iii) le recours aux services de développement agricole de la zone dans le cas échéant. Les problèmes phytosanitaires identifiés au niveau de la zone d'étude sont : la mouche de l'olivier qui constitue un problème général au niveau de toute la zone d'étude, les acariens, le psylle, la tuberculose et le neiroun. Dans la zone de Sbikeha un autre problème qui a été soulevé et qualifié par les agriculteurs « de très inquiétant » était la prolifération de la morelle jaune qui est une mauvaise herbe à fleurs mauves. Les agriculteurs ont utilisé tous les moyens possibles (herbicides et travail du sol) pour éradiquer cette herbe mais sans aucun résultat. Au niveau de la zone de Chrarda, les agriculteurs signalent la présence des nématodes et du fusarium au niveau des parcelles où l'olivier est en association avec les pommes de terre (solanacée). Cette association de culture est déconseillée en raison des risques d'infection des racines des oliviers par le fusarium qui attaque traditionnellement la pomme de terre (Triki et al., 2006).

Pour faire et face à ces problèmes, les agriculteurs de la zone utilisent généralement les pesticides recommandés par les fournisseurs, ainsi que d'autres méthodes tels que le labour profond en été pour lutter contre les mauvaises herbes. Les agriculteurs de la zone, ont exprimé leur grand besoin en matière d'assistance et d'encadrement techniques à ce sujet.

1.2.6. Calendrier d'irrigation

Le calendrier d'irrigation de l'olivier varie d'une exploitation à une autre et dépend de plusieurs facteurs, dont notamment la disponibilité de l'eau, la pluviométrie et les besoins de la plante (estimés par les agriculteurs selon l'âge des plantations et l'aspect extérieur de l'olivier). Vu le manque d'informations concernant l'estimation de l'apport en eau et le calendrier d'irrigation dans le système où l'olivier est conduit en association avec d'autres cultures intercalaires, le reste de l'étude sur la productivité de l'eau sera limité aux exploitations où l'olivier est cultivé en monoculture. Le tableau 6 présente les données relatives aux systèmes et aux pratiques d'irrigation pour 10 exploitations ayant fourni ces informations, les informations manquantes étant marquées par un tiret (-).

Tableau 6. Systèmes et calendriers d'irrigation chez l'olivier conduit en monoculture dans les délégations Chbika, Menzel Mhiri et Chrarda.

Délégation	Exploitation	Irrigation		
		Système d'irrigation	Fréquence	Période
Chbika	1	Goutte à goutte	1 fois/semaine (Février-Mai +Septembre) et tout les jours Juin Juillet et Août	Période Février - Septembre
	3	Goutte à goutte	Mars-Avril et Mai (chaque 15j-Juin-Juillet Août 4 jours/mois	Période Mars-Août
Menzel Mhiri	11	Par tuyaux	3jours/mois	Janvier, Mai, Juillet et Aout
	13	Goutte à goutte	1jour/mois en hiver et 4j/mois en été	Eté-hiver
	16	Goutte à goutte	1jour/mois en hiver et 4j/mois en été	Eté- hiver
	17	Par Tuyaux	-	Février, Juin, Août et Octobre
	18	Goutte à goutte	4 fois /an	Eté- hiver
Chrarda	34	Goutte à goutte	2jours décembre, 6 jours Juin et 2 j en Octobre	Décembre, Juin et Octobre
	38	Par planche	-	Février, Juin, Août et Octobre
	40	Goutte à goutte	2 fois/an	Après floraison et taille

Source : Elaboration propre

1.3. Productivité de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan dans la phase agricole

Au niveau de la phase agricole, deux paramètres seront calculés : i) la productivité biophysique de l'eau chez l'olivier et ii) la productivité économique de l'eau chez l'olivier. La quantité totale d'eau supposée apportée correspond à la somme de l'eau d'irrigation et de la pluviométrie. À cet effet, l'analyse portera sur les apports bruts en eau, dans le but d'examiner la relation entre la quantité d'eau fournie à la plante (et non l'eau réellement consommée ou évapotranspirée) et le niveau de production d'olives.

Les calculs liés à la productivité de l'eau ont concerné uniquement les exploitations d'oliviers conduites en monoculture pour lesquelles toutes les informations nécessaires sont disponibles. Cela nous a conduits à exclure un nombre élevé d'exploitations, notamment toutes celles de la délégation de Sbikha, qui appartiennent à des périmètres privés où l'information sur la consommation d'eau est manquante.

Les exploitations objets du calcul de la productivité de l'eau sont les exploitations 1 et 3 situées dans la délégation de Chbika ; 11, 13, 16, 17 et 18 situées à Menzel Mhiri ; et 34, 38 et 40 situées à Chrarda.

Les données de production et des apports d'eau d'irrigation correspondent aux moyennes des trois dernières années (2017/2018, 2018/2019 et 2019/2020), telles que déclarées par les agriculteurs. Pour le calcul des indicateurs — productivité biophysique de l'eau et productivité économique de l'eau — durant la phase agricole, les formules suivantes ont été utilisées :

La productivité biophysique de l'eau (Kg/m^3) = Rendement (Kg/ha) / La quantité totale d'eau consommée (m^3/ha). (1)
La quantité d'eau apportée par hectare (m^3/ha) = Quantité totale d'eau m^3 / La superficie totale utile de l'exploitation oléicole (ha). (2)
La quantité totale d'eau apportée à la plante (m^3/ha) = Apport d'eau d'irrigation (m^3/ha) + pluviométrie (m^3/ha). (3)
La productivité économique (DT/m^3) = Marge Brute oléicole (DT/ha) / La quantité totale d'eau consommée (m^3/ha). (4)
Marge brute Oléicole (DT) = Produit Brut oléicole (Production X Prix) – Charges liées à la production oléicole. (5)

1.3.1. Estimation des apports en eau chez l'olivier

Eau d'irrigation

Le calcul de la quantité d'eau apportée en m^3 par exploitation oléicole a été effectué en se basant sur deux formules dépendant des systèmes de gestion de l'irrigation.

Les exploitations appartenant à des GDA : Deux informations sont nécessaires pour faire l'estimation de l'apport d'eau : le prix unitaire en dinars/ m^3 d'eau et la somme totale annuelle payée par l'agriculteur.

Apport brut d'eau d'irrigation au GDA (m^3) = Somme totale annuelle payée par l'agriculteur (DT)/Prix Unitaire DT/ m^3 . (6)
--

Les prix unitaires de l'eau diffèrent selon les zones :

A Chbika:

GDA Karma 1 : entre 120 à 125 millimes/ m^3

GDA mlelsa: entre 225 à 250 millimes / m^3

A Manzel mhiri: 150 millimes/ m^3

Pour les exploitations disposant de forages privés, l'estimation a été effectuée en se basant sur le débit du forage ainsi que sur le nombre total d'heures d'irrigation. Dans le cas de forages équipés de

motopompes à moteur thermique, le nombre d'heures d'irrigation est estimé à partir de la consommation de carburant (la somme de 30 Dinars de carburant permet environ 5 heures d'irrigation, selon les déclarations des exploitants).

<p>Apport brut d'eau d'irrigation aux périmètres privées (litres)* = débit du forage (l/h) X Durée d'irrigation (h).</p>	<p>(7)</p>
---	-------------------

*1 m³ d'eau = 1 000 litres

Pluviométrie dans la zone d'étude

Pour estimer les apports bruts en eau chez l'olivier, les valeurs moyennes de la pluviométrie enregistrées dans les délégations étudiées durant la période 2017–2020 ont été prises en considération (tableau 7). Ces précipitations moyennes, comprises entre 254 mm et 334 mm, correspondent à un apport hydrique par la pluie variant entre 2540 m³/ha et 3340 m³/ha.

Tableau 7. Valeurs des apports de pluie dans la zone d'étude durant la période 2017/2020

	Pluviométrie annuelle (mm/an)			Pluviométrie Moyenne (mm)
	2017/2018	2018/2019	2019/2020	
Chbika	306	426	272	334
Menzel Mhiri	208	313,5	243	254
Sbikha	269	385	344	332
Chrarda	243	296,5	286	275

Source. CRDA Kairouan

Apports bruts en eau chez l'olivier des exploitations de Kairouan

L'apport brut en eau correspond au total des volumes d'eau fournis à la culture, incluant à la fois l'eau d'irrigation et les apports pluviométriques. Les valeurs correspondantes sont récapitulées dans le tableau 8.

Tableau 8. Consommation de l'eau chez l'olivier (m³/ha) pour les exploitations concernées par le calcul

Exploitation	1	3	11	13	16	17	18	34	38	40
Eau d'irrigation	2500	820	1600	933	800	2666	1500	405	9600	1809
Pluviométrie	3340	3340	2540	2540	2540	2540	2540	2750	2750	2750
Apport Brut en eau	5840	4160	4140	3473	3340	5206	4040	3155	12350	4559

Source : Elaboration propre

Les quantités d'eau d'irrigation apportées sont très variables d'une exploitation à une autre, se situant généralement entre 800 et 2 500 m³/ha. Toutefois, des valeurs extrêmes de 405 m³/ha et 9 600 m³/ha ont été enregistrées au sein de la même délégation de Chrarda. Pour l'exploitation 34, où l'apport en eau d'irrigation est de l'ordre de 405 m³/ha, il s'agit d'une exploitation d'une superficie de 24 ha dans laquelle l'agriculteur assure une irrigation complémentaire durant les trois périodes critiques du cycle de l'olivier : en décembre (avant le démarrage du cycle végétatif), en juin (phase de croissance du fruit) et en octobre (période de lipogenèse). Concernant l'exploitation 38, il s'agit

d'une exploitation de 10 ha où les arbres sont en pleine production, avec une densité de 40 pieds par hectare. Environ 50 % des arbres ont plus de 100 ans, tandis que l'autre moitié est âgée de 15 ans. L'agriculteur y pratique l'irrigation par planche, un mode d'irrigation susceptible d'engendrer des pertes importantes d'eau. En revanche, les apports bruts en eau par hectare (irrigation + pluviométrie) varient entre 3 155 m³/ha et 12 350 m³/ha. Les disparités observées au niveau des apports d'irrigation sont fortement atténuées lorsque l'on intègre la pluviométrie, ce qui est cohérent dans la mesure où une part importante des besoins hydriques de l'olivier est couverte par les précipitations. Ce sont ces volumes totaux d'eau apportée ; et non uniquement l'eau effectivement consommée par la plante ; qui seront retenus pour le calcul de la productivité de l'eau (figure 10).

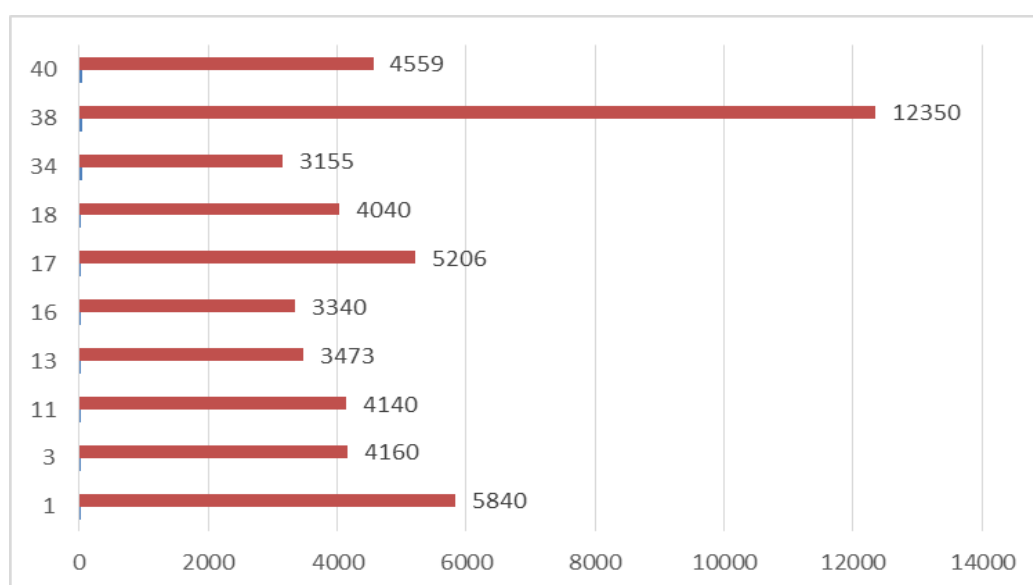


Figure 10. Apport total brut d'eau (irrigation + pluviométrie) chez l'olivier (m³/ha) dans les exploitations de la zone d'étude

Source : Elaboration propre

1.3.2. Rendement des olives et estimation des pertes

Les rendements déclarés par les agriculteurs correspondent aux quantités effectivement récoltées. Ils intègrent donc implicitement les pertes, dans la mesure où, chez l'olivier, celles-ci concernent principalement les olives non collectées, soit restées sur l'arbre en raison de difficultés liées à la récolte, soit tombées au sol avant la récolte sans être ramassées. Contrairement à d'autres productions agricoles, où les pertes surviennent majoritairement en phase post-récolte (stockage et transport), les pertes en oléiculture interviennent essentiellement avant ou pendant la récolte. Elles demeurent, de ce fait, difficiles à quantifier avec précision. Dans le cadre de cette étude, les pertes estimées varient approximativement entre 2 % et 6 %. Elles apparaissent plus importantes chez les agriculteurs pluriactifs que chez ceux exerçant l'agriculture à plein temps. Les pluriactifs, étant moins présents sur leurs exploitations, assurent un suivi moins continu des opérations de récolte, ce qui peut accroître le risque de pertes. Bien que relativement faibles, ces pertes méritent d'être réduites afin d'optimiser les rendements obtenus au regard du potentiel productif de l'arbre. Les rendements déclarés (kg d'olives/ha), les taux de pertes (%) ainsi que les rendements potentiels (hors pertes, en kg d'olives/ha) sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9. Rendements des oliviers considérant les pertes (en Kg d'olive/ha)

EXPLOITATION N	1	3	11	13	16	17	18	34	38	40
% de perte	2	0	5	5	6	2	6	2	2	2
Rendement avec perte	7500	0	3150	3600	1500	6167	2800	3638	10360	2662
Rendement potentiel (Sans perte)	7653	0	3316	3789	1596	6293	2979	3712	10571	2716

Source : Elaboration propre

Les rendements tenant compte des pertes seront utilisés dans le reste du travail pour le calcul des indicateurs de productivité de l'eau. Ces rendements varient entre 1500 kg/ha et 10360 kg/ha (figure 11). Ces différences s'expliquent en grande partie par l'âge des plantations, le niveau des apports d'eau d'irrigation et la mise en œuvre d'un paquet technique complet et adapté.

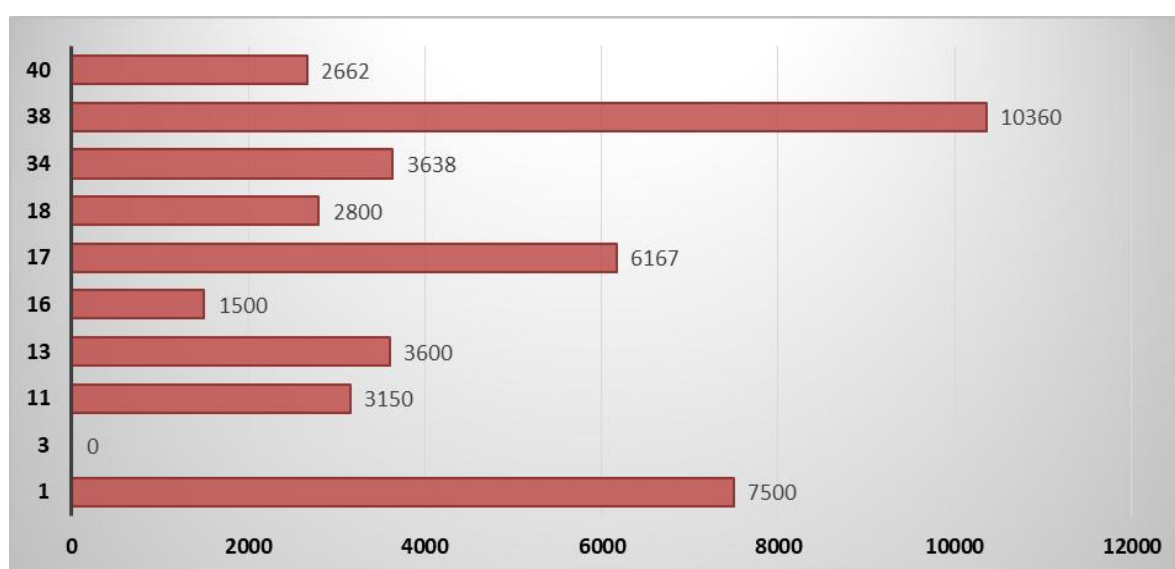


Figure 11. Rendement moyen de l'olivier, tenant compte des pertes (kg/ha), dans certaines exploitations oléicoles irriguées de la région de Kairouan durant la période 2017–2020.

Source : Elaboration propre

1.3.3. Productivité biophysique de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan

Tout d'abord, il convient de signaler que l'exploitation 3, présentant une valeur de productivité égale à 0, est une exploitation où les oliviers ne sont pas encore entrés en production. Cette exploitation reçoit une dose moyenne d'irrigation de 820 m³/ha/an pour l'entretien des plantations jusqu'à leur mise en production (tableau 8). Le calcul de la productivité biophysique de l'eau chez l'olivier (exprimée en kg d'olive / m³ d'eau apportée) a donné les résultats présentés à la figure 13. Les valeurs obtenues varient entre 0,45 kg/m³ et 1,28 kg/m³, les meilleures valeurs étant enregistrées pour les exploitations : 1, 13, 17 et 34. Par ailleurs, en comparant les figures 11 et 12, il apparaît que les exploitations oléicoles ayant les apports d'eau les plus élevés par hectare ne sont pas nécessairement celles où la productivité de l'eau est la plus importante. Ainsi, l'exploitation 38, qui reçoit les apports d'eau les plus élevés, présente la productivité la plus faible. En revanche, l'exploitation 34, qui reçoit les apports d'eau les plus faibles par hectare, affiche la productivité de l'eau la plus élevée.

La productivité biophysique pondérée moyenne est de l'ordre de 0,92 kg d'olive par m³. Uniquement quatre exploitations ont une productivité biophysique supérieure à cette moyenne. Ce sont les exploitations : 1, 13, 17 et 34.

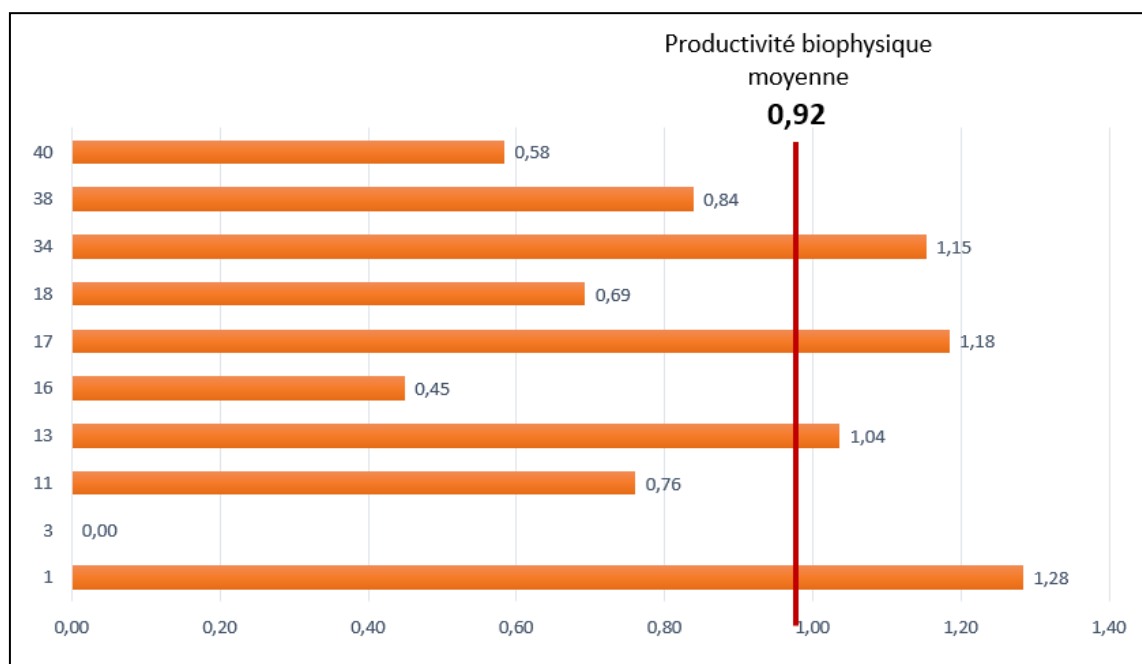


Figure 12. Productivité biophysique chez l'olivier (Kg d'olive/m³ d'eau) dans quelques exploitations oléicoles du gouvernorat de Kairouan

Source : Elaboration propre

1.3.4. Productivité économique de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué à Kairouan

La productivité économique de l'eau a été calculée en termes monétaires, dans notre cas en Dinars tunisiens (DT/m³), dans l'objectif de comparer les performances économiques des différentes exploitations, en termes monétaires, générées par l'apport d'un m³ d'eau. Pour effectuer une comparaison fiable entre les exploitations, nous avons pris en considération les charges variables directement liées au processus de production, ainsi que le chiffre d'affaires (Marge brute) associé à la vente des olives fraîches, reflétant la manière de commercialisation adoptée par les agriculteurs concernés. À partir de ces deux variables, nous avons calculé la marge sur charges variables, appelée également Marge brute. Le coût de production retenu dans cette étude correspond au coût variable, constitué par les charges opérationnelles directement liées au processus de production. Ces charges comprennent les coûts des opérations culturales suivantes : travail du sol, taille, récolte, fertilisation, traitements phytosanitaires et irrigation. Le produit brut oléicole est estimé à partir des productions moyennes de chaque exploitation et des prix moyens du kg d'olive. Les prix utilisés proviennent du marché de « Souk Gremda », référence nationale pour les prix des olives en Tunisie. Le prix retenu pour la campagne 2019–2020 est de 0,925 DT/kg d'olive. La Marge brute oléicole correspond à la différence entre le produit brut et les charges variables de l'exploitation. Les résultats sont présentés à la figure 13. Cet indicateur est généralement positif, mais il peut être négatif si les charges dépassent les recettes issues de la vente des produits, comme c'est le cas pour l'exploitation 3, dont les arbres ne sont pas encore entrés en production.

La productivité économique de l'eau (DT/m³ d'eau) est définie comme le rapport entre la Marge brute (DT/ha) et l'apport brut d'eau (m³/ha). Elle indique la marge monétaire dégagée par l'apport d'1 m³ d'eau, exprimée en Dinars tunisiens.

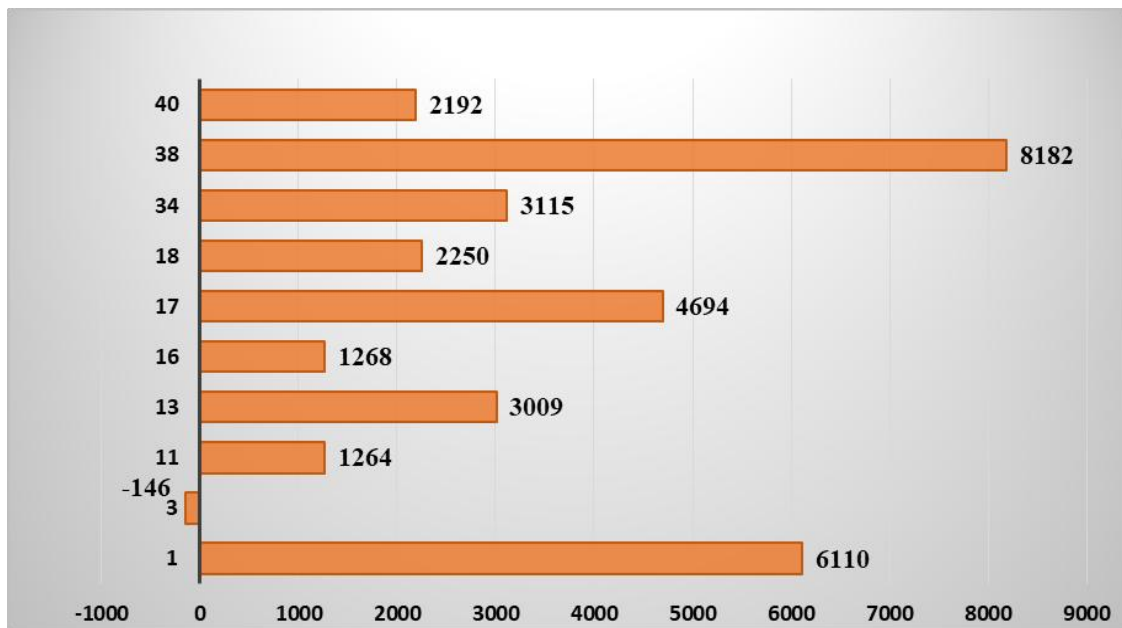


Figure 13. Marge brute oléicole en (DT/ ha) estimée dans quelques exploitations oléicoles irriguées de la région de Kairouan.

Source : Elaboration propre

Mis à part l'exploitation 3, qui n'est pas encore entrée en production, les valeurs de la marge brute sont positives pour toutes les autres exploitations (figure 13), ce qui constitue un bon indicateur de la rentabilité économique pour la plupart des agriculteurs. Il convient toutefois de signaler que cet indicateur ne reflète pas nécessairement la rentabilité économique réelle des exploitations, puisqu'il ne prend pas en compte les charges fixes. Celles-ci peuvent varier d'une exploitation à l'autre et dépendent des investissements en matériel, bâtiments, entretien des réseaux et infrastructures d'irrigation, ainsi que du coût de la main-d'œuvre permanente. Dans le cas des exploitations concernées par le calcul, la plupart des agriculteurs ne disposent pas de main-d'œuvre permanente et ne possèdent pas de matériel agricole, recourant à la location en cas de besoin. En revanche, les charges d'entretien des infrastructures d'irrigation sont plus élevées dans les périmètres privés disposant de forages propres que dans ceux où l'eau d'irrigation est gérée par des GDA, comme c'est le cas pour les exploitations 34, 38 et 40 de la délégation de Chrarda. Dans cette étude, les charges variables représentent la part la plus importante des charges de production, ce qui fait de la marge brute un indicateur pertinent pour évaluer la rentabilité économique au niveau de l'exploitation.

Les résultats du calcul de la productivité économique de l'eau sont présentés à la figure 15 (les détails des calculs sont disponibles au tableau A6 de l'annexe). Mis à part l'exploitation 3, la productivité économique de l'eau apportée chez l'olivier adulte varie entre 0,31 DT/m³ et 1,05 DT/m³. Les exploitations présentant les meilleures valeurs sont les exploitations 1, 34, 17 et 13 (figure 14), avec une productivité supérieure à la moyenne pondérée de 0,75 DT/m³. Ces résultats doivent être interprétés en tenant compte des caractéristiques propres à chaque exploitation ainsi que du mode de conduite de l'olivier, afin d'expliquer les différences observées.

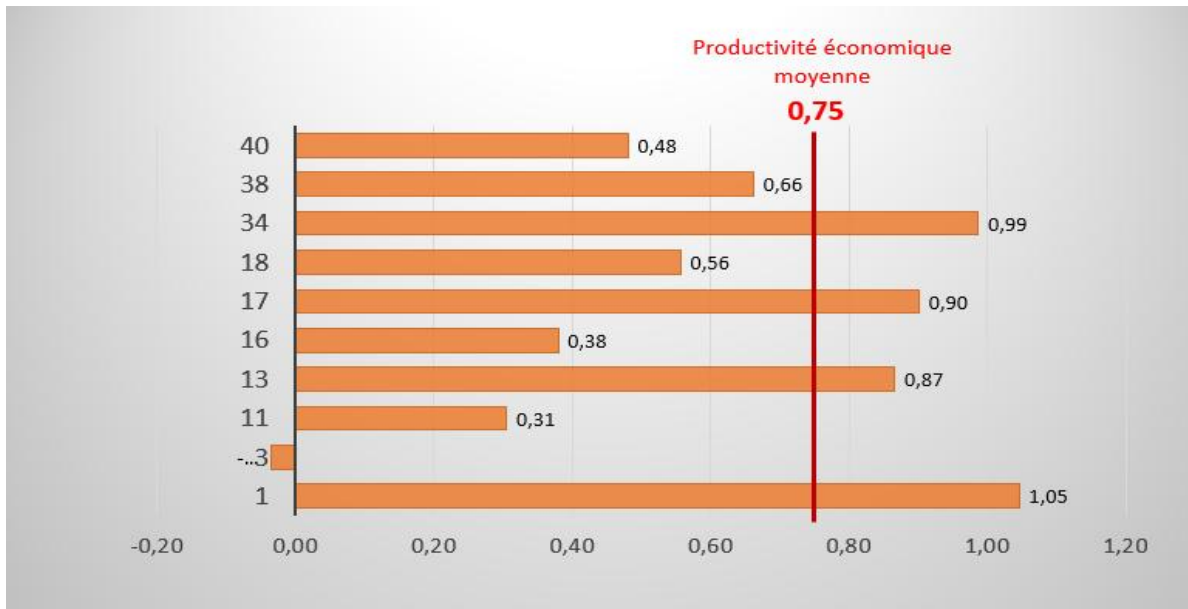


Figure 14. Productivité économique de l'eau chez l'olivier conduit en irrigué, estimée dans quelques exploitations oléicoles de la région de Kairouan

Source : Elaboration propre

1.3.5. Analyse globale de la productivité de l'eau en agriculture et options d'amélioration

Une analyse globale des résultats obtenus, prenant en compte les caractéristiques des exploitations (tableau 10) et le paquet technique appliqué dans chacune d'elles (tableau 11), s'avère nécessaire.

Tableau 10. Principales caractéristiques des exploitations objets de calcul de la productivité de l'eau

Délégation	Code Exploitation	Superficie oléicole (ha)	Quantité annuelle d'eau d'irrigation (m ³ /ha)	Quantité annuelle d'eau d'irrigation (m ³ /pied)	Productivité biophysique (kg/m ³)	Productivité économique (DT/m ³)	Age des Oliviers (ans)	Densité de plantation (pieds/ha)	Système d'irrigation
Chbika	1	10	2500	25	1,28	1,05	18 à 22	100	Par tuyaux
	3	2	820.8	2.3	-	-0,04	3 ***	350	Goutte à goutte
Manzel Mhiri	11	1	1600	106	0,76	0,31	> 100	15	Par tuyaux
	13	3	933	34.5	1,04	0,87	50	27	Goutte à goutte
	16	7	800	32	0,45	0,38	50	25	Goutte à goutte
	17	3	2666	26.7	1,18	0,90	>50	100	Par tuyaux
	18	1	1500	75	0,69	0,56	>100	20	Goutte à goutte
Chrarda	34	24	405	2.5	1,15	0,99	10	100	Goutte à goutte
							15	10	
							50	20	
							70	16	
							>100	10	
	38	10	9 600	120	0,84	0,66	>100	40	Par planche
							>15	40	
							>100	15	
40	8	1809	58.3	0,58	0,48	>100	15	Goutte à goutte	
						>20	16		

Source : Elaboration propre

*** Au niveau de l'exploitation 3 les plantations sont jeunes et ne sont pas entrées encore en production

Tableau 11. Techniques culturales et paquet technique utilisés dans les différentes délégations de Kairouan

Délégation	Code expl	Irrigation			La taille	Travail du sol		Application fumier	Application des engrais	Traitement des maladies/ ravageurs
		Système	Fréquence	Période	(/ 2 ans : oui (1), non (0))	Traditionnel (1)/mécanisé (2)	Nombre de façon/an	Oui (1) /non (0)	Oui (1)/ non (0)	
Chbika	1	Goutte à goutte	1 fois/semaine (Février-Mai +Septembre) et tout les jours Juin Juillet et Août	Période Février - Septembre	1	1	5	1	1	Les acariens + mauvaises herbes
	3	Goutte à goutte	Mars-AVRIL ET Mai (Chaque 15j-Juin-Juillet Août 4 jours/mois	Période Mars-Août	1	2	-	0	1	Les acariens
Manzel Mhiri	11	Par tuyaux	3jours/mois	Janvier, Mai, Juillet et Aout	1	2	4	0	1	Mouche de l'olivier
	13	Goutte à goutte	1jour/mois en hiver et 4j/mois en été	Eté-hiver	1	1	3 à 4	1	0	-
	16	Goutte à goutte	1jour/mois en hiver et 4j/mois en été	Eté- hiver	1	1	3	1	1	Mouche de l'olivier
	17	Par Tuyaux	-	Février, Juin, Août et Octobre	1	1	3	0	1	-
	18	Goutte à goutte	4 fois /an	Eté- hiver	1	1		0	0	-
Chrarda	34	Goutte à goutte	2jours décembre, 6 jours Juin et 2 j en Octobre	Décembre, Juillet, et Octobre	1	1	4	1	1	-
	38	Par planche	-	Février, Juin, Août et Octobre	1	2	3	0	0	Mouche d'olivier
	40	Goutte à goutte	2 fois/an	Après floraison et taille	1	1	2	0	0	-

Source : Elaboration propre

Cette analyse globale permet de dégager les constats suivants :

1. Le mode d'irrigation est fondamental pour l'économie d'eau et l'efficience de l'utilisation des apports d'eau. L'exemple de l'exploitation 38, où le mode d'irrigation est par planche, montre que les apports d'eau par hectare et par pied d'olivier sont les plus élevés (9600 m³/ha ; 120 m³/pied), mais la productivité reste l'une des plus faibles. Le même phénomène est observé pour l'exploitation 11, où l'arrosage est manuel à l'aide de tuyaux. En comparant les apports par arbre de l'exploitation 11 et de l'exploitation 18 (106 m³/pied et 75 m³/pied respectivement), où les arbres d'âge similaire sont irrigués par goutte-à-goutte, on observe des niveaux de productivité de l'eau similaires malgré des apports différents.
2. Les apports d'eau dépendent de l'âge et de la vigueur des plantations. Généralement, les oliviers plus âgés sont plus vigoureux et nécessitent davantage d'eau que les jeunes plantations. Par exemple, les oliviers de plus de 100 ans (exploitations 11, 18 et 40) reçoivent des apports plus importants que les jeunes plantations (exploitations 1, 13 et 34). Cependant, leur productivité de l'eau reste plus faible en raison de rendements inférieurs.
3. D'autres facteurs expliquent la variabilité de la productivité de l'olivier, notamment l'importance d'un paquet technique complet et adéquat. Certains agriculteurs misent essentiellement sur l'intensification par augmentation de la densité et des apports d'eau, en négligeant des éléments clés comme la fertilisation et l'amendement du sol (cas des exploitations 38 et 40). D'autres exploitants appliquent un paquet technique comportant l'essentiel, avec toujours des marges d'amélioration.
4. Le déficit de productivité biophysique des apports d'eau (kg/m³) peut être compensé par une meilleure efficience économique, en équilibrant coûts et bénéfices. Cela peut être réalisé par une meilleure gestion des intrants ou des stratégies de commercialisation plus efficaces, voire une combinaison des deux.
5. Les exploitations 1, 34 et 38 illustrent trois comportements différents reflétant trois stratégies potentiellement généralisables :
 - L'exploitation 1 (10 ha) applique un paquet technique complet et des apports d'eau adéquats, ce qui lui permet d'atteindre les meilleures productivités biophysique et économique, ainsi que des rendements et bénéfices satisfaisants.
 - L'exploitation 34 (24 ha) ne dispose pas de ressources en eau suffisantes pour irriguer toute la superficie et se concentre sur une irrigation complémentaire pendant les trois périodes critiques (décembre, juin et octobre). Cela permet un rendement et une profitabilité moyens, avec une productivité des apports d'eau encourageante par rapport à d'autres exploitations.
 - L'exploitation 38 (10 ha, 40 arbres/ha) mise sur la satisfaction des besoins visuels en eau des oliviers et considère l'irrigation comme prioritaire. Malgré des rendements élevés, la productivité des apports d'eau reste faible en raison de grandes quantités d'eau apportées et des pertes liées à l'irrigation par submersion.

L'amélioration de la productivité biophysique et économique des apports d'eau peut être atteinte par : i) une meilleure efficience des réseaux d'irrigation pour réduire les pertes et ii) une gestion optimale des facteurs de production afin d'assurer un bilan économique positif.

2. Phase de la transformation

Au niveau de la phase de transformation, la productivité biophysique et économique de l'eau a été calculée sur la base des déclarations des oléifacteurs enquêtés et des mesures effectuées dans les différentes huileries en activité durant les campagnes 2020-2021 et 2021-2022.

2.1. Caractéristiques des huileries étudiées

La majorité des huileries enquêtées utilisent un système d'extraction à trois phases, qui reste le système le plus répandu. Les capacités réelles de trituration varient fortement, allant de 40 tonnes d'olives/24 h dans le cas des huileries 1 et 2, jusqu'à 230 tonnes d'olives/24 h pour l'huilerie 6.

Tableau 12. Caractéristiques des huileries étudiées

Zone	Code Huilerie	Système d'Extraction	Nombre de décanteur/presse	Capacité totale théorique par 24h (tonnes)	Capacité totale réelle par 24h (tonnes)
Huileries-Kairouan	1	3 phases	2	80	40
	2	3 phases	1	70	40
	3	3 phases	2	130	85
	4	3 phases	2	110	75
	5	3 phases	2	90	55
	6	3 phases	-	290	230
	7	3 phases	-	70	50
	8	2 phases	2	150	80
Huileries références	9	2 phases	-	60	45
	10	Traditionnel	-	20	20
	11	Traditionnel	-	18	18

Source : Elaboration propre

2.2. Quantités triturées et évaluation des pertes en olive

Les pertes en olives sont minimales et se produisent principalement lors de la phase de lavage, effectuée généralement dans les huileries à deux ou trois phases. Ces pertes ont été estimées par les opérateurs et les experts consultés à un maximum de 1%. Le tableau 13 présente les quantités d'olives reçues ainsi que les quantités effectivement triturées, en tenant compte de ces pertes. Dans les huileries traditionnelles, la phase de lavage, source des pertes, est généralement absente ; on ne peut donc pas parler de pertes significatives dans ce type d'huilerie.

Tableau 13. Evaluation des pertes en olives au niveau des huileries

Système d'extraction	Code Huilerie	% perte olive	Quantités d'olive totales reçues durant la campagne (Tonnes)	Quantités triturées considérant les pertes (Tonnes)	Quantité huile produite durant la campagne en Tonne
Trois phases	1	1	300	297	60
	2	1	1 200	1188	190
	3	1	1 000	990	200
	4	1	1 500	1485	300
	5	1	700	693	140
	6	1	13 000	12870	2300
	7	1	2 700	2673	50
Deux phases	8	1	1 400	1386	250
	9	1	376	372	75
Traditionnel	10	0	600	600	100
	11	0	30	30	6

Source : Elaboration propre

2.3. Utilisation de l'eau au niveau des huileries

Pour les huileries enquêtées dans la zone de Kairouan, l'approvisionnement en eau se réalise exclusivement à travers des puits et des sondages. Lors du processus de trituration des olives, l'eau est utilisée et ajoutée aux différentes étapes suivantes : à la réception pour le nettoyage des olives (dans le cas du système continu), au niveau du broyage, du malaxage, de la décantation, de la centrifugation, et enfin pour le nettoyage de l'huilerie. Les quantités d'eau utilisées varient selon l'étape, comme le montre la figure 15.

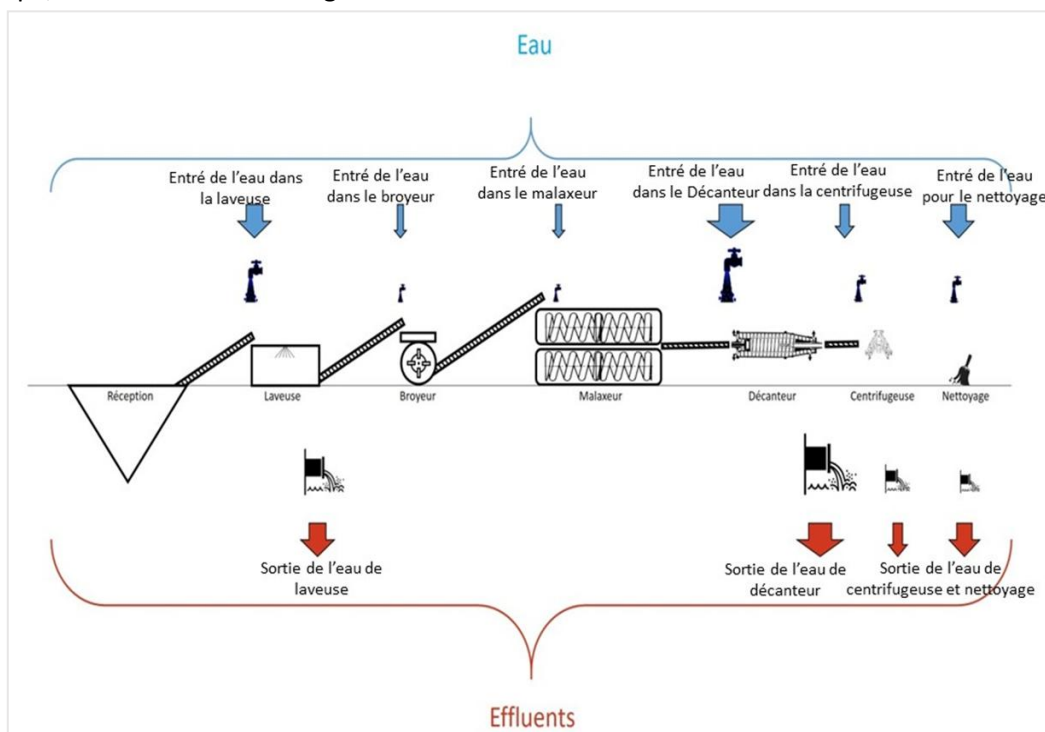


Figure 15. Schéma récapitulatif de l'utilisation de l'eau lors du processus de trituration des olives.

Source : Elaboration propre

Les quantités totales d'eau utilisées, présentées au tableau 14, varient entre 400 m³/an et 1 500 m³/an.

Tableau 14. Quantités d'eau consommées par les huileries durant la campagne

Système d'extraction	Code Huilerie	Quantité d'eau total déclarée (m ³)
Trois phase	1	400
	2	1 000
	3	1 000
	4	1 500
	5	700
	6	8 600
	7	3 000
Deux phases	8	600
Traditionnel	9	220
	10	100
	11	27

Source : Elaboration propre

En se basant sur les déclarations des oléifacteurs enquêtés et les mesures réalisées dans les différentes huileries en fonctionnement pendant les campagnes 2020-2021 et 2021-2022, des estimations ont été faites concernant la distribution des quantités d'eau utilisées dans les différentes phases d'extraction. L'eau employée pour les opérations quotidiennes de nettoyage des huileries n'a pas été prise en compte, car il s'agit de petites quantités non significatives par rapport aux trois phases essentielles de l'extraction :

- Lavage des olives dans la laveuse
- Séparation solide-liquide au décanteur
- Séparation liquide-liquide à la centrifugeuse

Les données montrent que le pourcentage d'eau utilisée dans la phase de séparation solide-liquide (décanteur horizontal) varie entre 26,8 % et 81,7 % de l'eau totale utilisée dans les huileries à chaîne continue à trois phases de la zone de Kairouan (Figure 17). Dans les huileries à chaîne continue à deux phases, ce pourcentage varie de 0 à 75,5 %, selon que l'opération de repassage de la pâte extraite soit effectuée dans un deuxième décanteur à trois phases ou non après la première extraction à deux phases. Pour les huileries à presse, la séparation solide-liquide est réalisée dans des presses à scourtins, sans ajout d'eau. De plus, ces huileries ne réalisent généralement pas le lavage des olives : toute l'eau utilisée sert uniquement à la séparation liquide-liquide dans la centrifugeuse. L'impact de l'eau dans le lavage dépend de la qualité initiale des olives, liée à la récolte et au transport. Il est possible de réduire considérablement cette consommation si les olives sont récoltées sur des mailles propres et transportées le même jour dans des caisses en plastique. Cependant, dans les huileries à presses, ces conditions optimales ne sont presque jamais respectées, ce qui complique l'obtention d'une huile de qualité.

Dans la région de Kairouan, l'huilerie à chaîne continue à deux phases (huilerie 8) consomme une quantité d'eau très élevée par rapport à la normale. À titre de comparaison, l'huilerie 9, également à système continu deux phases et utilisée comme référence, n'utilise pas d'eau ni dans le décanteur (ce qui est normal pour ce type de système) ni dans la centrifugeuse, grâce à la technicité de l'opérateur et à la performance de son équipement. Ainsi, la technicité et le savoir-faire des opérateurs sont essentiels pour l'utilisation de l'eau dans le processus d'extraction. L'optimisation se fait individuellement dans chaque huilerie, en fonction de l'équipement, de l'attention portée par l'opérateur aux volumes d'eau utilisés et aux effluents générés, ainsi que de la qualité et de la destination du produit. Il est donc possible de réduire significativement les quantités d'eau, notamment dans les phases de séparation solide-liquide et liquide-liquide, grâce à un équipement performant et un séparateur de qualité.

Cette optimisation a un effet positif sur la qualité du produit, avec un risque maîtrisé sur le rendement industriel. Un simple contrôle par lot d'olives triturées permet d'éviter les pertes d'huile dans le grignon et d'ajouter de l'eau uniquement si nécessaire. La réduction de l'utilisation de l'eau est économiquement justifiable pour les produits finis à forte valeur ajoutée, notamment les huiles de qualité supérieure. Dans ce cas, l'eau est principalement utilisée dans la laveuse et peut être réduite si les olives sont de bonne qualité. Cela montre qu'il est possible de diminuer considérablement la consommation d'eau dans les huileries, en particulier celles à deux phases, à condition que l'oléifacteur dispose de personnel qualifié, de matériel adapté et soit sensibilisé à l'optimisation de l'eau.

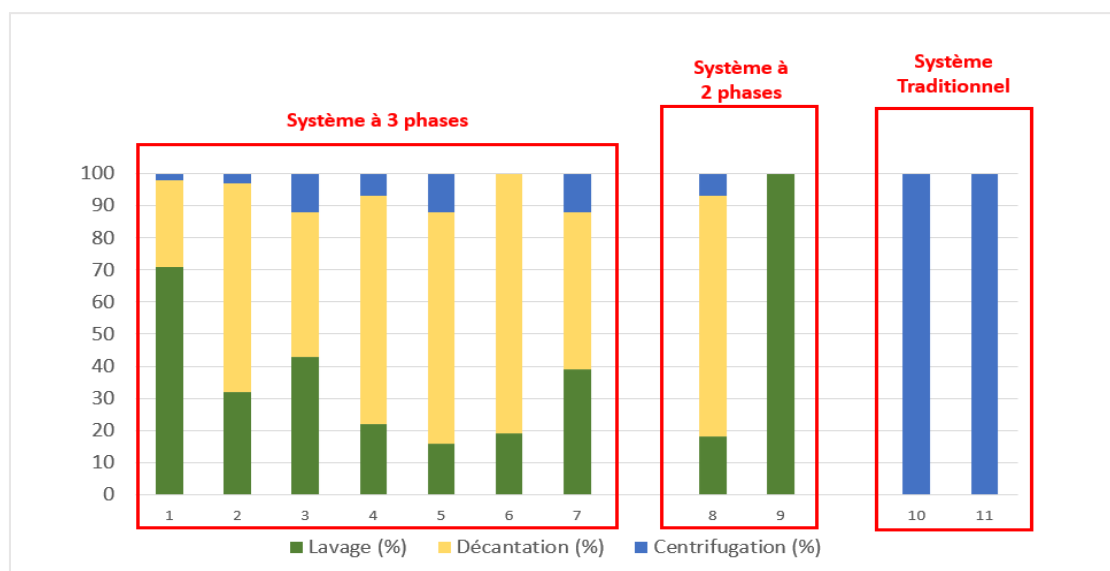


Figure 16. Répartition en % des quantités d'eau consommées au niveau des principales phases de transformation au niveau des huileries

2.4. Productivité biophysique de l'eau au niveau des huileries considérant les pertes

Le calcul de la productivité de l'eau pour les huileries enquêtées dans la zone de Kairouan et pour les huileries de référence (hors zone d'étude), tenant compte des pertes, permet de dégager plusieurs constats : i) Les pertes d'olives lors de la phase de lavage n'ont pas eu d'influence significative sur la productivité de l'eau, que ce soit pour les huileries à trois phases ou à deux phases. ii) Pour les huileries traditionnelles, les pertes sont quasi nulles, ce qui a été pris en compte dans les calculs (tableau 15).

Tableau 15. Productivité de l'eau des huileries considérant les pertes (en Tonnes d'olive/m³)

	Huileries	Qté totale reçu (Tonnes)	Qté triturée (considérant les pertes)	Qté totale d'eau estimée toute la campagne (m ³)	Productivité de l'eau sans tenir compte des pertes (Tonnes d'olives/m ³)	Productivité de l'eau Considérant les pertes (Tonnes d'olives/m ³)
3 phases	1	300	297	400	0,75	0,74
	2	1 200	1188	1 000	1,20	1,19
	3	1 000	990	1 000	1,00	0,99
	4	1 500	1485	1 500	1,00	0,99
	5	700	693	700	1,00	0,99
	6	13 000	12870	8 600	1,51	1,50
	7	2 700	2673	3 000	0,90	0,89
Productivité de l'eau moyenne-système à 3 phases					1,26	1,25
2 phases	8	1 400	1386	600	2,33	2,31
	9	376	372	220	1,7	1,69
Productivité de l'eau moyenne-système à 2 phases					2,16	2,14
	10	600	600	100	3	3
	11	30	30	27	1,11	1,11
Productivité de l'eau moyenne-système traditionnel					2,78	2,78

Source : Elaboration propre

La productivité de l'eau observée dans les huileries traditionnelles (hors zone d'étude) variait entre 1,11 T/m³ et 3 T/m³, avec une moyenne de 2,78 T/m³.

En tenant compte des pertes, les valeurs de la productivité biophysique de l'eau pour les huileries enquêtées dans la zone de Kairouan, ainsi que pour les huileries de référence, et les moyennes par système d'extraction, sont présentées à la figure 17.

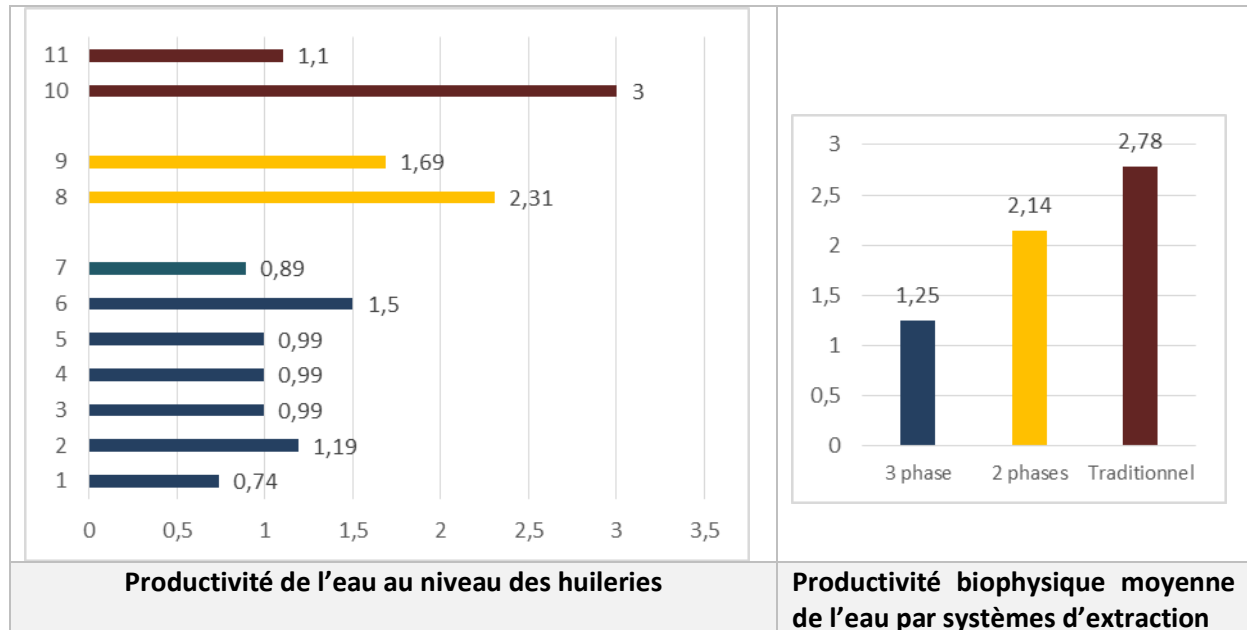


Figure 17. Récapitulatif des résultats de la productivité biophysique de l'eau (tonnes d'olives/m³ d'eau) par huilerie et par système d'extraction

Source : Elaboration propre

La figure 17 présente la quantité d'olives triturée (en tonnes) par m³ d'eau utilisé dans les huileries selon les trois systèmes d'extraction enquêtés :

- Chaîne continue à trois phases
- Système traditionnel à presses
- Chaîne continue à deux phases

Les valeurs moyennes de la productivité biophysique, tenant compte des pertes possibles en olives, sont les suivantes :

- 1,25 Tonnes d'olives/m³ pour le système à chaîne continue à trois phases
- 2,14 Tonnes d'olives/m³ pour les huileries à chaîne continue à deux phases
- 2,78 Tonnes d'olives/m³ pour les huileries traditionnelles à presses

La moyenne obtenue pour les huileries à chaîne continue à trois phases se situe au niveau supérieur de la fourchette citée par la littérature (Civantes, 1999) et indiquée à la figure 18. Cela indique que, globalement, les huileries enquêtées à Kairouan utilisant ce système réalisent une optimisation de l'eau satisfaisante lorsqu'on pondère par la quantité d'olives triturée. Cependant, une grande variabilité existe entre les différentes huileries à trois phases : la productivité biophysique varie de 0,74 t à 1,5 t d'olives/m³. Cette dispersion reflète les différences de technicité, d'équipement et de savoir-faire des opérateurs concernant l'utilisation de l'eau.

La moyenne pondérée de la productivité biophysique de l'eau pour les huileries à chaîne continue à deux phases montre une amélioration de 0,89 t d'olives/m³ par rapport au système à trois phases. Néanmoins, cette moyenne reste inférieure à la limite inférieure de la fourchette indiquée dans la littérature, ce qui suggère que ces huileries ne gèrent pas encore de manière optimale l'eau disponible. De plus, toutes les huileries à trois phases de Kairouan présentent une productivité biophysique inférieure à celle des huileries à deux phases, soulignant le potentiel de ce dernier système pour améliorer l'efficacité de l'eau dans les huileries, ce qui en fait le système d'avenir pour la trituration. Malgré les gains observés avec le système à deux phases, le potentiel théorique d'optimisation de l'eau semble encore largement inexploité en Tunisie. Il est important de noter que cette étude repose sur un nombre limité d'huileries, qui devrait être élargi pour tirer des conclusions plus robustes.

Le système à presses présente une productivité biophysique de l'eau moyenne supérieure à celle des deux systèmes à chaînes continues. Cela s'explique par la moindre exigence en eau de cette technique, l'eau étant utilisée essentiellement pour le nettoyage ou la centrifugation. Cependant, cette économie d'eau se fait au détriment de la qualité finale de l'huile. Le système à presses nécessite également une main-d'œuvre importante et tend à disparaître en Tunisie et dans d'autres pays producteurs, car il n'est plus compétitif. Selon les données de la DGPA (2021), en se basant sur les capacités journalières théoriques déclarées par les oléificateurs, 92,5 % des olives en Tunisie sont triturées par des huileries à chaînes continues, tandis que les huileries à presses ne représentent que 7,5 % de la capacité théorique.

2.5. Productivité économique de l'eau au niveau des huileries

La productivité économique de l'eau est définie comme le rapport entre la marge brute de l'activité de trituration des olives, exprimée en Dinars Tunisiens (DT), et la quantité d'eau utilisée pour la trituration de cette quantité d'olives, exprimée en m³.

Dans le cas des huileries, le calcul du produit brut (ou chiffre d'affaires) prend en compte : la prestation de service, la vente des huiles et la vente des grignons. Concernant les coûts, tous les facteurs de production estimés significatifs ont été inclus, à savoir : l'achat de la matière première (olives), la main-d'œuvre, le coût d'évacuation des margines, le coût de l'électricité et le coût de l'eau utilisée. Pour le coût de l'eau, une approximation a été faite en considérant que la totalité de l'eau utilisée par les huileries est fournie par le réseau de la SONEDE et en appliquant les fourchettes tarifaires trimestrielles actualisées par la SONEDE en 2021. Tous les détails de calcul sont présentés au tableau A7 de l'annexe. Il est à noter que les pertes d'olives survenues au niveau de la phase de lavage n'influencent pas les calculs économiques.

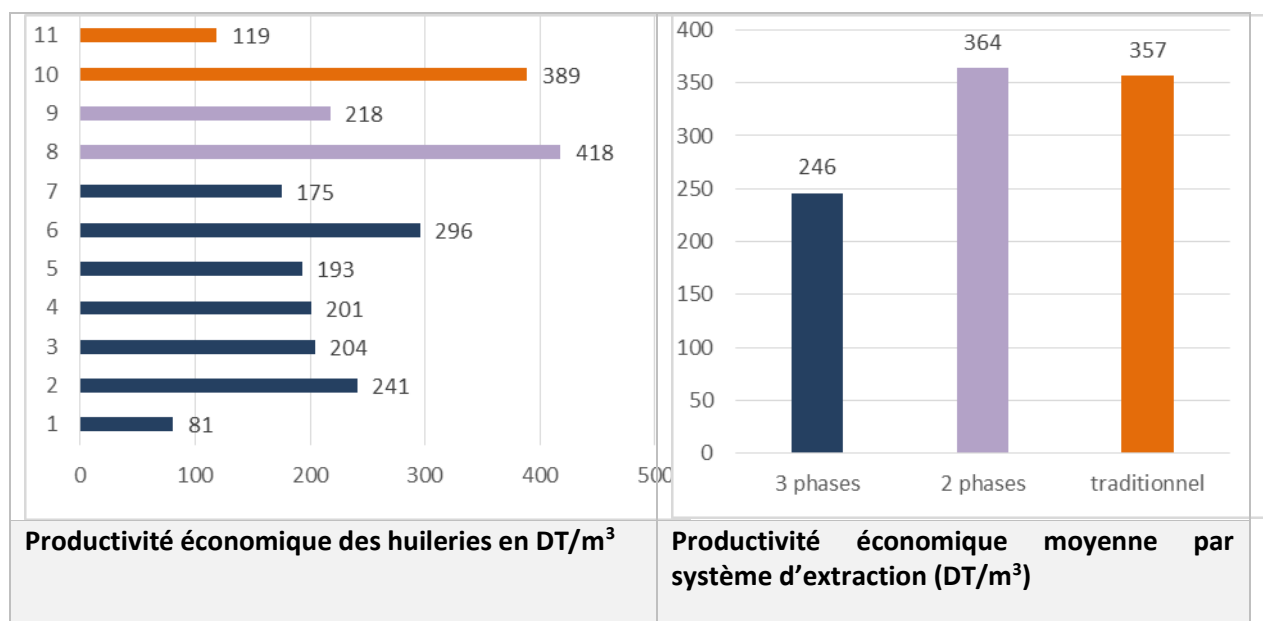


Figure 18. Récapitulation des résultats de la productivité économique de l'eau (DT/m³) par huilerie et par système d'extraction

Source : Elaboration propre

Les valeurs moyennes pondérées de la productivité économique obtenues au niveau des huileries de Kairouan et des huileries de référence (hors zone d'étude) diffèrent selon le système de trituration. Comme le montre la figure 18, ces valeurs sont de l'ordre de :

- 246 DT/m³ d'eau utilisée pour le système à chaîne continue à trois phases,
- 357 DT/m³ d'eau utilisée pour les huileries traditionnelles à presse,
- 364 DT/m³ d'eau utilisée pour les huileries à chaîne continue à deux phases.

La moyenne pour les huileries à chaîne continue à trois phases correspond à la productivité économique la plus faible par rapport aux deux autres systèmes. Cependant, une grande variabilité est observée entre les différentes huileries à trois phases : la productivité économique varie de 81 DT/m³ à 296 DT/m³ d'eau, ce qui montre le potentiel d'amélioration au sein du même système d'extraction. L'optimisation de la productivité économique peut être atteinte soit par une meilleure gestion de l'eau, soit par l'amélioration des performances économiques.

La moyenne de la productivité économique de l'eau montre que le système à chaîne continue à deux phases permet une amélioration de 118 DT/m³. Cela peut s'expliquer par la meilleure optimisation de l'eau au sein de ce système, ainsi que par sa contribution à l'amélioration des bénéfices économiques grâce à : i) l'amélioration de la qualité de l'huile d'olive, impactant positivement le chiffre d'affaires issu des ventes, et ii) la réduction des coûts liés à l'évacuation des margines. Ces résultats renforcent la recommandation d'adopter le système à deux phases pour les nouvelles huileries.

Le système à presse présente une productivité économique de l'eau supérieure à celle du système à chaîne continue à trois phases, mais inférieure à celle du système à deux phases. Cela s'explique par le fait que la technique de presse est moins exigeante en eau, l'eau étant utilisée essentiellement pour le nettoyage ou la centrifugation. Malgré ce résultat satisfaisant en termes de productivité économique de l'eau, le système à presse reste peu performant en raison de ses inconvénients sur la qualité du produit et ses exigences élevées en main-d'œuvre.

3. Analyse de la productivité de l'eau le long de la chaîne oléicole : constats et recommandations

Les phases agricoles et de la transformation ce sont les deux phases où se réalisent la part la plus importante de la consommation de l'eau. C'est pour cette raison que cette étude a mis l'accent sur ces deux phases. La productivité biophysique ainsi que la productivité économique au niveau des deux phases ont enregistré différentes valeurs dépendant des différents modes de gestion au niveau des exploitations agricoles et des différents systèmes d'extraction. Ces différences témoignent toujours les possibles alternatives et marges d'amélioration par rapport à ce qui existe en cas réel. La figure 19 représente une récapitulation des résultats obtenus tout au long de la chaîne de valeur notamment les phases de production et de transformation.

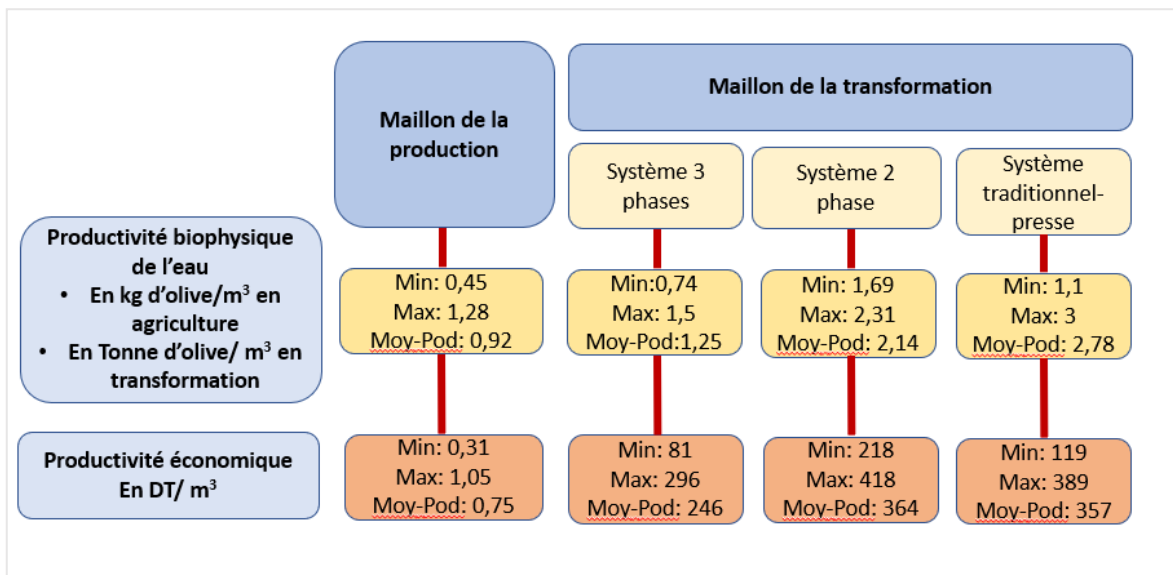


Figure 19. Productivité de l'eau chez l'olivier le long de la chaîne de valeur

Source : Elaboration propre

La figure 19 montre l'importance des quantités d'eau apportées au niveau de la phase agricole par rapport à celles consommées au niveau de la phase de transformation. Par contre si on considère les coûts de l'eau en agriculture et en industrie de transformation, on peut constater que les coûts totaux sont presque égaux et dépendent essentiellement du volume consommée. Ceci est dû aux différences au niveau des prix unitaires de l'eau en agriculture et en industrie de transformation. D'ailleurs, dans notre cas d'étude le prix de l'eau d'irrigation vari entre 0,120 DT/m³ et 0,250 DT/m³ par contre le coût d'un m³ d'eau selon la fourchette des pris du SONEDE est entre 0,816 DT/m³ et 1,6 DT/m³.

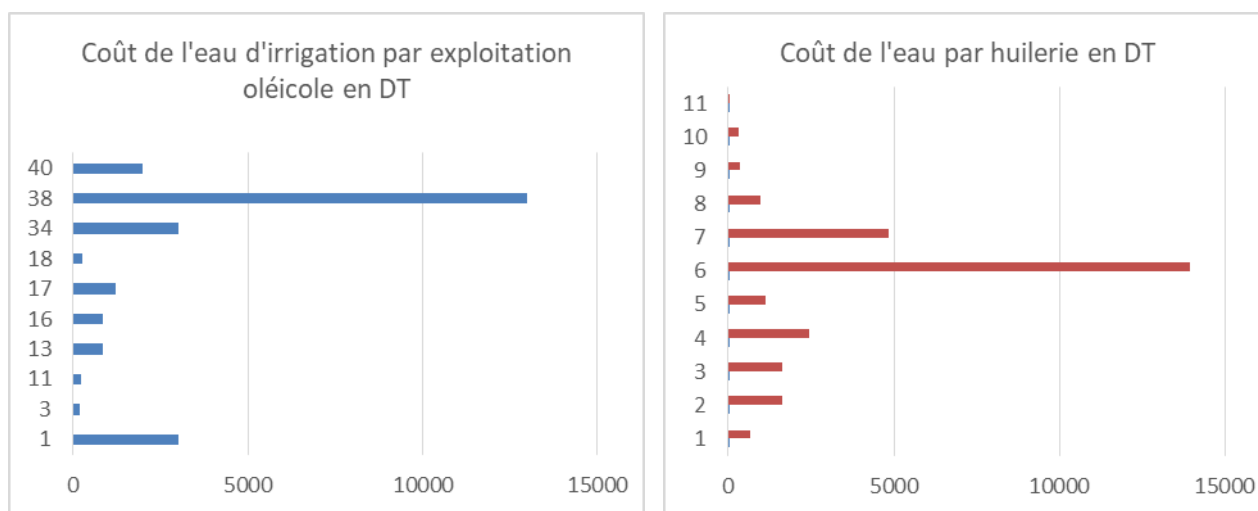


Figure 20. Comparaison des coûts de l'eau consommée par exploitation et par huilerie

Source : Elaboration propre

4. Etude sensible au genre

Le travail des femmes se situe souvent au sein des maillons les moins valorisés des chaînes de valeur. En effet, dans le secteur oléicole, leur participation se concentre essentiellement en agriculture, où elles sont fréquemment sous-payées. Au niveau des autres maillons de la filière, la participation des femmes demeure plus faible. En dépit de leur forte implication dans les activités agricoles, leur travail reste largement informel et s'effectue dans des conditions précaires, notamment en ce qui concerne le transport, à l'origine de multiples accidents tragiques en Tunisie ces dernières années. Un intérêt particulier doit être accordé à cette problématique afin d'établir un diagnostic rigoureux de la situation. Dans le secteur oléicole, et plus concrètement dans la zone d'étude, la participation des femmes est très importante au niveau du maillon agricole, faible au niveau de la phase de transformation ; considérée comme une activité typiquement masculine ; hormis certains postes en laboratoire ou dans l'administration au sein des huileries modernes. En revanche, elle devient de plus en plus significative au niveau de la commercialisation, où les femmes occupent des postes clés de travail qualifié dans les entreprises exportatrices d'huile d'olive.

4.3. Phase agricole

Au niveau de la phase agricole, la participation des femmes en tant que chefs d'exploitation reste modeste : 30 % à Chbika et 10 % à Chrarda (figure 22), voire nulle à Sbikha et Menzel Mhiri. Ceci contraste avec leur poids important en tant que main-d'œuvre, notamment pour le semis des cultures annuelles et lors de l'opération de récolte des olives. Les femmes représentent en effet 72 % de la main-d'œuvre totale au niveau de la zone d'étude : 92 % de la main-d'œuvre pour les cultures annuelles et 60 % pour l'oléiculture. En dépit de leur forte contribution aux travaux agricoles dans la région, les femmes restent moins bien payées que les hommes. Les chefs d'exploitation justifient cette différence salariale par la nature des tâches, jugées plus dures ou plus techniques, attribuées aux hommes, ainsi que par la quantité de travail effectuée. Ces raisons sont rejetées par les femmes interrogées, qui déclarent le contraire et attribuent ce manque d'équité à d'autres considérations sociales.

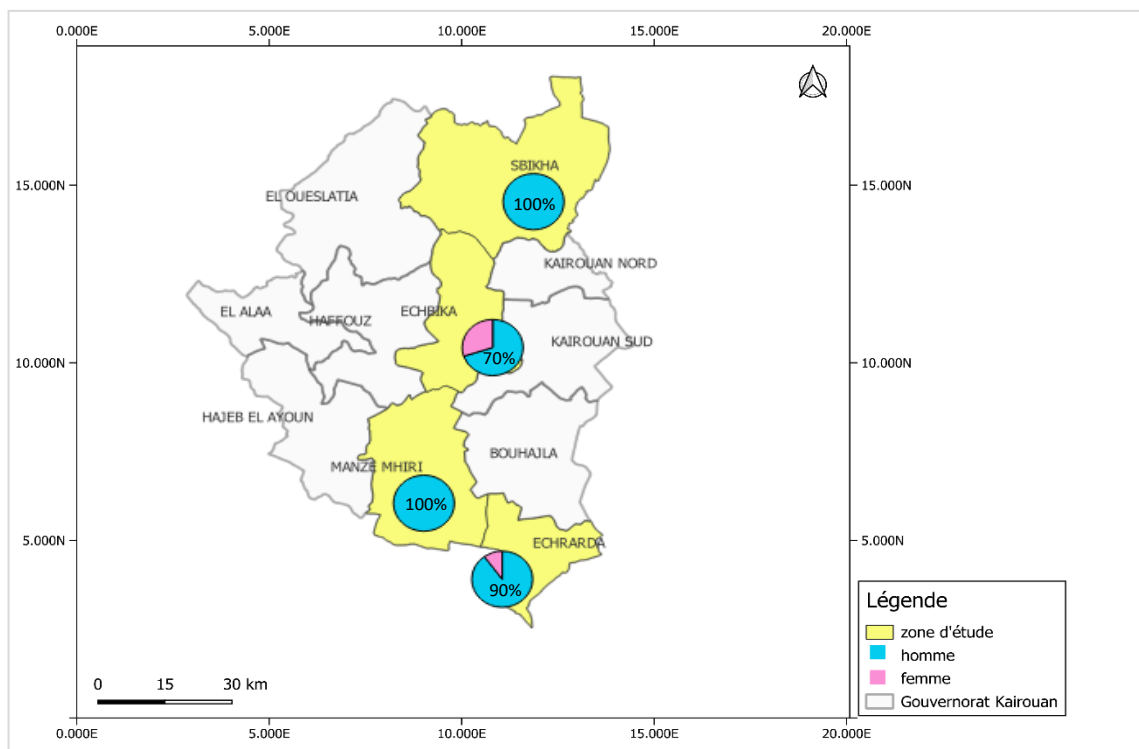


Figure 21. Répartition des exploitants des délégations Echbika, Manizer Mimim, SBIKHA et ECHRARDA du gouvernorat de Kairouan selon le genre du chef de l'exploitation

Source : Elaboration propre

En oléiculture, la participation des femmes au niveau de la zone d'étude, évaluée à 60 % de la main-d'œuvre totale, dépend des tâches effectuées. Certes, la récolte est l'activité où leur participation est la plus importante (70 % de la main-d'œuvre totale), suivie du travail du sol (notamment à traction animale). En revanche, la taille est une activité le plus souvent assurée par les hommes (figure 23).

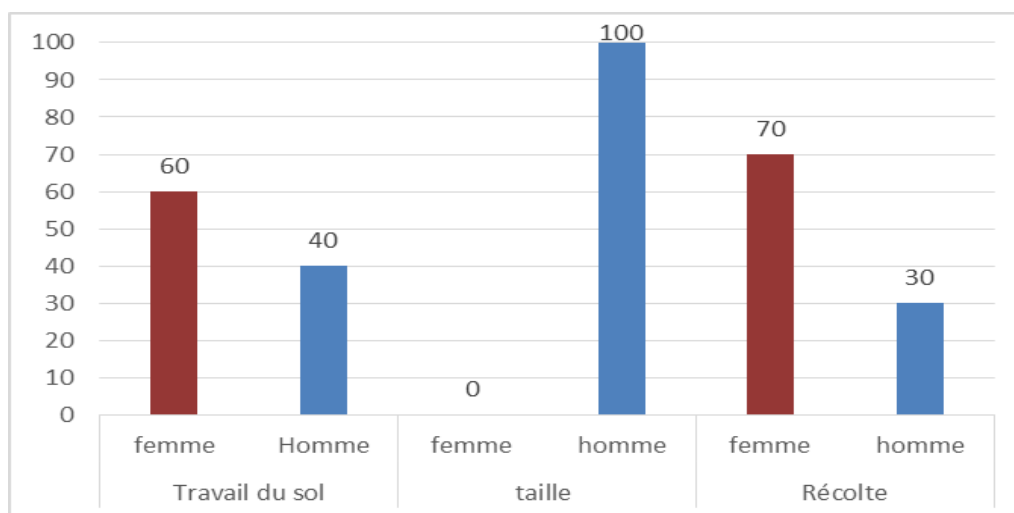


Figure 22. Main d'œuvre par genre et selon l'activité en oléiculture

Source : Elaboration propre

4.4. Phase de transformation

Pour la phase de transformation, la participation des femmes est minime. Dans la zone de Kairouan, et en se basant sur les données fournies par le CRDA, une seule femme a été enregistrée en tant que propriétaire d'huilerie. Le travail au niveau des huileries est presque à 100 % masculin, hormis quelques activités au niveau de l'administration, de la comptabilité et de la gestion.

4.5. Phase de commercialisation

Au niveau de cette phase, la participation des femmes est beaucoup plus importante qu'au niveau de la phase de transformation. Il s'agit de femmes plus qualifiées, ayant un niveau d'instruction et de formation leur permettant d'intervenir dans la prise de décisions au sein des entreprises.

E. Conclusions et recommandations finales

L'amélioration de la productivité biophysique et économique de l'eau tout au long d'une chaîne de valeur est un objectif central de sécurité alimentaire qui ne peut être atteint à l'échelle globale qu'à travers un passage par le local. C'est dans ce cadre que s'insère cette étude de cas, qui a pour objectif final d'évaluer la productivité de l'eau le long de la chaîne de valeur oléicole dans la zone de Kairouan, en considérant deux aspects : les pertes de matière première (les olives dans notre cas) et l'aspect genre.

Au niveau de la phase agricole, l'enquête menée dans le cadre de ce travail auprès de quarante exploitations oléicoles de la région de Kairouan a couvert quatre périmètres irrigués. Elle s'est intéressée aux conditions physiques et socio-économiques de production ainsi qu'aux pratiques agricoles susceptibles d'influencer la productivité de l'eau de la culture de l'olivier dans la région. L'analyse des résultats de l'enquête montre :

- (i) Des systèmes de production très diversifiés avec la présence de cultures annuelles en association avec l'olivier, qui représente la composante principale de l'activité agricole dans la plupart des exploitations étudiées ;
- (ii) Un paquet technique qui présente certaines défaillances, notamment en ce qui concerne les apports en eau d'irrigation, la maîtrise des doses de fertilisants et un manque de maîtrise de l'aspect phytosanitaire ;
- (iii) Une productivité biophysique de l'eau consommée variant entre 1,28 kg/m³ et 0,45 kg/m³, avec une moyenne pondérée de 0,92 kg/m³, et une productivité économique variant entre 1,05 DT/m³ et 0,31 DT/m³. Cette variabilité a été attribuée principalement à l'efficacité de l'irrigation, mais aussi à la maîtrise du paquet technique dans la conduite de la culture de l'olivier.

En effet, la productivité de l'eau est un indicateur qui nous a permis de dégager plusieurs enseignements sur l'efficacité de la gestion de l'eau au niveau de plusieurs périmètres irrigués dans le gouvernorat de Kairouan. Cet indicateur est utile, mais en faire un objectif isolé peut conduire à ne traiter que partiellement les multiples enjeux du développement agricole durable. Il est donc primordial de ne pas dissocier la gestion de l'eau des autres enjeux du développement agricole. Dans cette optique, l'application des bonnes pratiques agricoles, l'appui financier aux petits agriculteurs afin de mettre en place un paquet technique complet, ainsi que l'appui aux organisations professionnelles agricoles et aux services de développement régionaux constituent autant de leviers importants pour atteindre les objectifs d'efficacité et de développement agricole durable.

En outre, à travers cette étude, on peut souligner l'importance de comprendre comment les agriculteurs façonnent leurs décisions. En effet, les méthodes traditionnelles de vulgarisation, qui consistent à faire parachuter des recommandations sans accompagnement rapproché ni démonstration sur le terrain, n'aident pas à améliorer la situation. Les agriculteurs prennent leurs décisions en se basant sur les expériences acquises à travers un processus continu d'échange et d'expérimentation, de recherche de solutions aux problèmes rencontrés quotidiennement, mais aussi grâce aux formations suivies et à l'encadrement reçu de la part des agents de développement. Dans ce contexte, les expériences des Champs Écoles Producteurs (CEP) instaurées dans le cadre de ce projet peuvent constituer une bonne alternative, plaçant les agriculteurs au centre du processus d'apprentissage à travers des méthodes interactives.

Dans cette perspective, une bonne gestion de l'offre d'eau, accompagnée d'une bonne gestion de la demande, peut constituer une alternative pertinente. Dans le cas de la zone de Kairouan, une meilleure gestion de l'offre peut être assurée à travers l'entretien et le renouvellement des réseaux

d'irrigation publics (qui sont, dans certains cas, vétustes), ainsi qu'une modernisation des modes d'irrigation au niveau des exploitations. Quant à la gestion de la demande, une adéquation des apports avec les besoins réels et les disponibilités en eau est nécessaire. Cela peut être réalisé à travers :

- (i) Des plans de culture optant pour des plantations intercalaires présentant les coûts d'opportunité les plus élevés, tout en étant compatibles avec la culture de l'olivier (en évitant les solanacées, qui représentent une source majeure de maladies) ;
- (ii) Une meilleure maîtrise des apports d'eau d'irrigation aux oliviers, en se basant sur des outils d'aide à la décision appropriés, ainsi que le renforcement de l'encadrement in situ. Dans tout ce processus d'amélioration de la productivité de l'eau, les agriculteurs de la zone auront besoin d'aides financières, notamment par l'octroi de subventions ou de crédits pour la modernisation des systèmes d'irrigation et pour disposer d'un fonds de roulement afin de financer la mise en place d'un paquet technique complet et adéquat.

Au niveau de la phase de transformation, il a été observé que, dans la région de Kairouan, les sources d'approvisionnement en eau sont essentiellement les puits et les sondages. La majorité des huileries analysées ne disposent d'aucun moyen de suivi de la consommation d'eau. Néanmoins, en termes théoriques, elles peuvent toutes suivre totalement ou partiellement leur consommation grâce aux compteurs du réseau. Il est à signaler que les huileries enquêtées qui ne disposent pas de compteurs d'eau n'ont pas l'intention et/ou ne voient pas l'utilité d'installer des équipements pour le suivi de la consommation d'eau dans leurs unités, et considèrent que la consommation d'eau est secondaire par rapport aux autres facteurs de production. Cela est dû à la faible sensibilité des oléifacteurs à l'aspect relatif à la gestion de l'eau.

Il existe une grande variabilité dans la productivité biophysique de l'eau dans les huileries à trois phases ; les plus représentatives en Tunisie ; qui varie entre 1,5 t/m³ et 0,74 t/m³, avec une moyenne de 1,25 tonne d'olives par m³ d'eau utilisé, et une productivité économique variant entre 296 DT/m³ et 81 DT/m³, avec une moyenne de 246 DT par m³ d'eau. La nature de la source d'approvisionnement en eau et son impact économique sur l'oléifacteur, ainsi que l'intérêt que ce dernier porte à la consommation d'eau et à la gestion des effluents, sont les facteurs déterminants de la productivité de l'eau. L'organisation et le suivi en temps réel constituent également des paramètres importants. Les huileries à presses, qui sont en déclin en Tunisie, présentent des valeurs de productivité biophysique entre 3,0 t/m³ et 1,1 t/m³, avec une moyenne pondérée de 2,78 tonnes d'olives par m³ d'eau, et une productivité économique entre 389 DT/m³ et 119 DT/m³, avec une moyenne pondérée de 357 DT par m³ d'eau. Ces valeurs supérieures de productivité de l'eau témoignent d'une bonne gestion quantitative de cette ressource au niveau du système traditionnel, mais au détriment de la qualité du produit fini.

Malgré l'amélioration que permet le système à deux phases en termes de productivité (productivité biophysique entre 2,31 t/m³ et 1,69 t/m³, avec une moyenne de 2,14 t/m³, et productivité économique entre 418 DT/m³ et 218 DT/m³, avec une moyenne de 364 DT/m³), la possibilité d'optimisation de l'eau qu'offre théoriquement ce système semble encore inexploité dans la zone d'étude. Les résultats ont confirmé que la séparation solide-liquide (décanteur horizontal) est l'étape qui utilise le plus d'eau dans les huileries les plus représentatives en Tunisie, suivie du lavage et de la centrifugation verticale. Le choix du système (2 phases ou 3 phases), ainsi que la qualité de l'équipement et la gestion de la qualité de la matière première, peuvent permettre des économies considérables dans les volumes d'eau utilisés et, par conséquent, dans les quantités d'effluents liquides, tout en tenant compte de la qualité du produit fini recherchée et de la diversification des débouchés commerciaux.

La question des pertes d'olives a été prise en considération dans nos calculs. Au niveau de la phase agricole, les pertes sont généralement enregistrées avant la récolte, par la chute des olives, ou au cours de la récolte : certaines olives restent sur des branches inaccessibles, notamment pour les arbres adultes de la variété Chemlali, qui est une variété vigoureuse. Ces pertes affectent la production récoltée par arbre ; la production finale obtenue tient donc automatiquement compte de ces pertes. En se basant sur les déclarations des agriculteurs, l'avis des experts et l'expérimentation réalisée à l'Institut de l'Olivier, ces pertes varient entre 2 % et 6 %. Les pertes enregistrées au niveau des périmètres irrigués étudiés dans la zone de Kairouan dépendent en grande partie de l'implication partielle ou totale de l'exploitant dans l'activité agricole. Elles sont plus élevées chez les agriculteurs pluriactifs, et inversement. Quant à la phase de transformation, les pertes sont associées à l'opération de lavage. Elles sont minimales et ont été évaluées à un maximum de 1 % au niveau des huileries à 2 et à 3 phases. Ces pertes n'affectent pas de manière significative le calcul de la productivité de l'eau au niveau de la phase de transformation.

Quant au genre, le travail des femmes a été situé principalement au sein du maillon agricole, où elles sont souvent sous-payées. En effet, dans le secteur oléicole, la participation des femmes se concentre essentiellement en agriculture ; en revanche, au niveau des autres maillons de la filière, leur participation est plus faible. En dépit de leur forte implication dans les activités agricoles, le travail des femmes reste largement informel et s'effectue dans des conditions précaires. Dans la zone de Kairouan, les femmes assurent 92 % des besoins en main-d'œuvre pour les cultures annuelles et 60 % des besoins en main-d'œuvre oléicole. Leur participation en oléiculture dépend essentiellement de la tâche à effectuer. Ainsi, elles assurent 70 % des besoins en main-d'œuvre durant la phase de récolte et 60 % du travail du sol (notamment à traction animale). Un intérêt particulier doit être accordé à cette thématique afin d'améliorer les conditions de travail des femmes en agriculture, qui constituent le moteur principal de la viabilité de cette activité.

Les perspectives de travail et les défis sont importants, notamment en ce qui concerne la mesure et le suivi des paramètres intervenant dans l'estimation de la productivité biophysique et économique de l'eau tout au long de la chaîne de valeur oléicole. L'accompagnement (i) des agriculteurs pour l'adoption et la maîtrise des pratiques agricoles et une meilleure gestion de l'eau, et (ii) des oléifacteurs pour améliorer leur technicité et les performances de leurs huileries représente une clé essentielle pour l'amélioration de la productivité de l'eau. Dans ce contexte, les CEP peuvent jouer un rôle central. Par ailleurs, la création d'un observatoire regroupant des exploitations de la zone d'étude et des huileries utilisant différents systèmes d'extraction pourrait également constituer une alternative pertinente, aussi bien pour la constitution d'une base de données solide que pour la diffusion des résultats de recherche et de développement.

F. Références bibliographiques

- AgriDATA, 2019. Statistiques du Ministère de l'Agriculture. <http://agridata.tn/>.
- Ayadi, M., Fourati, H., Triki, M.A., Olive oil: a process under control, 2013. Du Guide de l'huile d'olive en Tunisie: l'huile d'olive éclaire la Tunisie depuis Carthage. P 61 – 69. Avec le concours : du ministère de l'Industrie et l'Institut de l'Olivier.
- Ben Abdallah, S., Elfkih, S., Fourati, H., Abdelkafi, B.H., 2014. Etude stratégique de la filière olive de table en Tunisie: Cas des zones de Grand Tunis et Beja. *New Medit Journal* N.4/2014. P: 20-29.
- Ben Abdallah, S., Elfkih, S., Parras Lopez. C, Suárez-Rey, E.M., Romero-Gámez, M., 2021. Evaluation of the environmental sustainability in the olive growing systems in Tunisia. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124526>
- Ben Abdallah, S., Parras Lopez. C, Elfkih, S., Suárez-Rey, E.M., Romero-Gámez, M., 2022. Sustainability assessment of traditional, intensive and highly-intensive olive growing systems in Tunisia by integrating Life Cycle and Multicriteria Decision analyses. *Sustainable Production and Consumption* 33. 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.022>
- Ben Amar, F., Kammoun Grati, N., Fourati, H., Chaari, A., 2013. Du Guide de l'huile d'olive en Tunisie: l'huile d'olive éclaire la Tunisie depuis Carthage 53 – 58. Avec le concours : du ministère de l'Industrie et l'Institut de l'Olivier.
- Ben Boubaker, H., Benzarti, Z., et Hénia, L., 2003. Les ressources en eau de la Tunisie : contraintes du climat et pression anthropique. Du livre « Eau et environnement » :37-52. ENS Editions.
- Bencharif A., Rastoin J.L., 2007. Concepts et méthodes de l'analyse de filières agroalimentaires : applications par la chaîne globale de valeur au cas des blés en Algérie. Document de travail. MOISA, France. http://www1.montpellier.inra.fr/bartoli/moisa/bartoli/download/moisa2007_pdf/WP_7-2007.pdf.
- Ben Rouina, B., 2021. Fiche Thématique. LA RECOLTE DES OLIVES POUR LA PRODUCTION D'UNE HUILE DE QUALITE.
<http://www.iosfax.agrinet.tn/annonce/Document%20Technique/Fiche%20finale%207%20R%C3%A9colte%20des%20olives%20-%20Ben%20Rouina%20B%C3%A9chir.pdf>
- Bentaher, H., Ben Rouina, B., Gargouri, K., 2006. Mécanisation de la récolte des olives en Tunisie. Résultats et perspectives d'avenir. Actes du séminaire Biotechnologies et qualité des produits de l'olivier dans le bassin méditerranéen. Actes Edition, Rabat-Maroc, 2006.
- Civantos L. 1999. *Obtencion del aceite de oliva virgín*. 2^{ème} édition, Madrid, Editorial Agricola Española.
- CRDA Kairouan 2021. Données statistiques du Commissariat Régional de Développement Agricole de Kairouan. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. Tunisie.
- DGPA 2021. Données statistiques de la Direction Générale de Production Agricole. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. Tunisie.
- Elfkih, S. 2013.** Economie Oléicole et Stratégie de Développement. *Du Guide de l'huile d'olive en Tunisie: l'huile d'olive éclaire la Tunisie depuis Carthage*. P 97 – 111. Avec le concours : du ministère de l'Industrie et l'Institut de l'Olivier.

Elfkih, S., Fernández-Uclés, D., Mozas-Moral, A., Bernal-Jurado, E., Medina-Viruel. M., J. 2021. ICT AS A DEVELOPMENT FACTOR IN THE TUNISIAN OLIVE OIL SECTOR. *New Medit* n°4. <https://doi.org/10.30682/nm2104a>

Elfkih, S., Karray, B., 2011. Les différentes structures de production de l'huile d'olive biologique dans la région de Sfax: une analyse comparative. *Revue Azzaytouna* Vol 12, N° 1. P 13 - 27. Edition Institut de l'Olivier.

Fernández-Uclés, D., Elfkih, S., Mozas-Moral, A., Bernal-Jurado, E., Medina-Viruel. M., J. Ben Abdallah, S., 2020. Economic Efficiency in the Tunisian Olive Oil Sector. *Agriculture* 2020, 10, 391; doi:10.3390/agriculture10090391.

Gargouri, K., Bentaher, H., Rhouma. A, 2012, Novel method to assess drought stress of olive tree. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 32 (3): 735-745.

Ghrab, M., Gargouri, K., Bentaher, H., Chartzoulakis, K., Ayadi M. , Ben Mimoun, M., Masmoudi, M.M., Ben Mechlia, N., Psarras, G., 2013., Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. *Agriculture Water Management*. 123 (2013): 1-11.

Goldberg R.A., Davis J.H., 1957. A concept of agribusiness, Boston: Harvard Business School, Division of Research.

Institut de l'Olivier. *Guide pratique de l'huile d'olive* (2017). <http://www.iosfax.agrinet.tn/index.php/news/item/112-guide-pratique-de-l-huile-d-olive>

Kinha Ch., Dossouhoui F., Megbleto I., 2009. Formation des responsables des PEA et de leurs prestataires sur l'analyse filière et le développement de la chaîne de valeur au Bénin. Atelier International – Cotonou, Bénin – 11 au 15 Mai 2009 «Capitalisation et Echange des Expériences sur le Renforcement de Compétences en Recherche Agricole pour le Développement (RAD)» http://www.icra-edu.org/obects/ard_fr_sharing/Benin6.pdf

Montigaut J.C., 1992. L'analyse des filières agroalimentaires : méthodes et premiers résultats. Numéro spécial: Economie agroalimentaire: concepts et méthodes. *Economies et Sociétés*, 21 (6) : 59-83.

ONAGRI 2021. Données statistiques de l'Observatoire National de l'Agriculture. Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. Tunisie.

Porter M., 1986. L'avantage concurrentiel. Paris: Inter- Éditions.

Trabelsi, L., Gargouri, K., Ben Hassena, A., Ghrab, M., 2019, Impact of drought and salinity on olive water status and physiological performance in an arid climate. *Agricultural Water Management*, 213: 749-759.

Trigui, A et Msallem, M, 2002, "Oliviers de Tunisie, Catalogue des Varietes Autochtones & Types Locaux, Identification Varietale & Caracterisation Morpho-Pomologique des Ressources Genetiques Oleicoles de Tunisie," Vol. 1. (Fr) Ministère de l'Agriculture, IRESA, Institut de l'Olivier, Tunisia, 159 P.

Triki, M. A., Hassaïri, A., Mahjoub, M., 2006. Premières observations de *Verticillium dahliae* sur olivier en Tunisie. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 36, 69–71.

G. Annexe

Tableau A.1. Typologie générale des huileries existantes en Tunisie

Unités	Nbre	Pourcentage par rapport au nombre total (%)	Capacité de transformation (tonnes/jour)	Pourcentage par rapport à la capacité totale de trituration (%)
Huileries traditionnelles et super-presses	471	28.2	5419,5	7,5
Huileries avec système continu	1201	71.8	65870,0	92,5
Total des huileries	1672	-	71203,0	-

Source : DGPA, 2021

Tableau A.2. Description des exploitations à Chbika

Code exploitation	Superficie (ha)	Système d'élevage dans l'exploitation	Mode de conduite	Système d'irrigation	Culture principale	Culture en intercalaire	Source d'eau	Date de début de l'activité agricole
1	10	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage-PPI	>10 ans
2	5	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Amandier	Barrage	>10 ans
3	3,5	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage privé	< 5 ans
4	25	Oui, avicole	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Poirier/amandier	Forage privé	>10 ans
5	3	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Cultures maraichères	Forage-PPI	>10 ans
6	8,5	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Cultures maraichères	PPI + forage privé	5-10 ans
7	4	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Cultures maraichères	PPI + forage privé	>10 ans
8	4,5	Oui, caprin	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage-PPI	>10 ans
9	1,5	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	Céréaliculture, culture maraichères	Forage- PPI	< 5 ans
10	24	Oui, ovin	Irrigué + pluvial	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage privé	>10 ans

Source : Elaboration propre

Tableau A.3. Description des exploitations à Manzel Mhiri

Code exploitation	Superficie (ha)	Système d'élevage dans l'exploitation	Mode de conduite	Système d'irrigation	Culture principale	Culture en intercalaire	Source d'eau	Date de début d'activité agricole
11	<1	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	-	Forage-PPI	> 10 ans
12	4	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	Poirier/amandier/grenadier	Forage-PPI	> 10 ans
13	3	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage-PPI	< 5 ans
14	7	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	Piment, oignon	Forage-PPI	> 10 ans
15	3,5	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	Piment, oignon	Forage-PPI	> 10 ans
16	7	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage-PPI	> 10 ans
17	3	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	-	Forage-PPI	5-10 ans
18	1	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage-PPI	> 10 ans
19	2	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Amandier/pommier	Forage-PPI	> 10 ans
20	7	Non	Irrigué	Par des tuyaux	Olivier	Tomate	Forage-PPI	> 10 ans

Source : Elaboration propre

Tableau A.4. Description des exploitations à Sbukha

Code exploitation	Superficie (ha)	Système d'élevage dans l'exploitation	Mode de conduite	Culture principale	Culture en intercalaire	Source d'eau	Système d'irrigation	Date de début de l'activité agricole
21	25	Non	Irrigué	Olivier	-	Forage privé	Goutte à goutte	>10 ans
22	30	Oui, bovin	Irrigué	Olivier	Piment, tomate	Forage privé	Goutte à goutte	> 10 ans
23	7	Non	Irrigué	Olivier	Piment, petit pois	Forage privé	Goutte à goutte	> 10 ans
24	7	Non	Irrigué	Olivier	Piment, petit pois	Forage privé	Goutte à goutte	5-10 ans
25	9	Oui, bovin	Irrigué	Olivier	-	Forage privé	Goutte à goutte	5-10 ans
26	3	Non	Irrigué	Olivier	Grenadier, amandier	Forage privé	Par sillons	> 10 ans
27	3.5	Non	Irrigué	Olivier	-	Forage privé	Goutte à goutte	> 10 ans
28	4	Non	Irrigué	Olivier	-	Forage privé	Goutte à goutte	> 10 ans
29	5	Non	Irrigué	Olivier	Piment, petit pois	Forage privé	Goutte à goutte	> 10 ans
30	2	Non	Irrigué	Olivier	-	Forage privé	Par sillons	> 10 ans

Source : Elaboration propre

Tableau A.5. Description des exploitations à Chrarda

Code exploitation	Superficie (ha)	Système d'élevage dans l'exploitation	Mode de conduite	Système d'irrigation	Culture principale	Culture en intercalaire	Source d'eau	Début d'activité agricole
31	6	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Pomme de terre+pastèque	-	Forage privé	5-10 ans
32	12	Oui, ovin et avicole	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Cultures maraichères	Forage privé	>10 ans
33	6	Non	Irrigué	Par tuyaux	Olivier	Melon	Forage privé	> 10 ans
34	50	Non	Irrigué+sec	Goutte à goutte	Olivier		Forage privé	> 10 ans
35	18	Oui, bovin	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Grenadier et amandier	Forage privé	> 10 ans
36	10	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Amandier	Forage privé	> 10 ans
37	33	Oui, ovin et bovin	Irrigué	Par planche	Olivier	-	Forage privé	> 10 ans
38	10	Non	Irrigué	Par planche	Olivier	-	Forage privé	5-10 ans
39	12.6	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	Amandier	Forage privé	> 10 ans
40	8	Non	Irrigué	Goutte à goutte	Olivier	-	Forage privé	> 10 ans

Source : Elaboration propre

Tableau A.6. Calcul des marges pour la culture de l'Olivier par exploitation oléicole

Délégations	Code exploitation	Production des olives (kg)	Coût de production						Produit Brut (DT)	Marge brute (DT)
			Coût du travail du sol	Coût de la main d'œuvre (taille)	Coût de la main d'œuvre (récolte)	Coût des engrais et traitements phytosanitaires	Coût de l'irrigation	Coût total de production		
Chbika	1	75 000	90		2550	2640	3000	8280	69375	61095
	3	0		100		0	192	292	0	-292
Manzel Mhiri	11	3150	30	0	675	705	240	1650	2914	1264
	13	10 800		122,5		0	840	962,5	9990	9027,5
	16	10 500		0		0	840	840	9713	8873
	17	18 500	75	0	840	915	1200	3030	17113	14083
	18	2 800		90	0	0	250	340	2590	2250
Chrarda	34	87 300	3000	0		0	3000	6000	80753	74753
	38	103 600	990	22,5	0	0	13000	14012,5	95830	81817,5
	40	21 294		157,5	0	0	2000	2157,5	19697	17539,5

Source : Elaboration propre

Tableau A.7. Données pour le calcul de la productivité économique de l'eau-Phase de transformation

	Quantité				Produit brut				Coût de production						Marge	
	Code huilerie	Qté olive reçue (Tonnes)	Quantité trituré (avec perte)	Eau consommée/an (m³)	Service (DT)	Vente huile (DT)	Vente grignons (TND)	Total produit brut (DT)	Matière première (DT)	Main d'œuvre (DT)	Electricité (DT)	Valeur de l'eau (DT)	Evacuation marge (DT)	Total coût (DT)	Marge brute	Productivité économique (DT/m³ d'eau)
3 phases	1	300	297	400	35 700	90 000	9 763	135 463	81 000	10 800	9 000	648	1 600	103 048	32 415	81
	2	1 200	1 188	1 000		2 400 000	39 053	2 439 053	2 160 000	16 470	12 000	1 620	8 000	2 198 090	240 963	241
	3	1 000	990	1 000		2 000 000	32 544	2 032 544	1 800 000	8 640	10 000	1 620	8 000	1 828 260	204 284	204
	4	1 500	1 485	1 500		3 000 000	48 817	3 048 817	2 700 000	10 560	15 000	2 430	19 200	2 747 190	301 627	201
	5	700	693	700		1 400 000	22 781	1 422 781	1 260 000	8 320	14 000	1 134	4 000	1 287 454	135 327	193
	6	13 000	12 870	8 600	728 000	15 600 000	423 077	16 751 077	14 040 000	29 600	47 000	13 932	79 200	14 209 732	2 541 345	296
	7	2 700	2 673	3 000	75 600	4 320 000	87 870	4 483 470	3 888 000	21 060	22 000	4 860	22 400	3 958 320	525 150	175
Moyenne productivité économique de l'eau système 3 phases															198	
2 phases	8	1 400	1 386	600		2 800 000	11 200	2 811 200	2 520 000	7 020	28 000	972	4 480	2 560 472	250 728	418
	9	376	372	220	21056	451 200	3 008	475 264	406 080	8 528	11 280	356	960	427 204	48 060	218
Moyenne productivité économique de l'eau système 2 phases															364	
Traditionnel	10	600	600	200	50400	324 000	9 000	383 400	270 000	15 375	18 000	324	1 920	305 619	77 781	389
	11	30	30	27	0	54 000	450	54 450	45 000	4 600	1 500	18	125	51 243	3 207	119
Moyenne productivité économique de l'eau système traditionnel															357	

Source : Elaboration propre