



**HAL**  
open science

## Evaluation multicritère du cycle de vie dans une perspective de développement durable : Cas de l'huile d'olive

Mohamed Amir Keskes, A. Zouari, Rémy Houssin, Diala Dhouib, Jean Renaud

### ► To cite this version:

Mohamed Amir Keskes, A. Zouari, Rémy Houssin, Diala Dhouib, Jean Renaud. Evaluation multicritère du cycle de vie dans une perspective de développement durable : Cas de l'huile d'olive. S-MART 2023 : 18ème Colloque national S.mart, Arts et Métiers Paristech ENSAM Aix-en-Provence, Université de Toulon [UTLN], Apr 2023, Carry-le-Rouet, France. hal-04398216

**HAL Id: hal-04398216**

**<https://hal.science/hal-04398216v1>**

Submitted on 16 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Evaluation multicritère du cycle de vie dans une perspective de développement durable : Cas de l'huile d'olive

M.A. Keskes <sup>a,b\*</sup>, A. Zouari <sup>a</sup>, R. Houssin <sup>b</sup>, D. Dhouib <sup>a</sup>, J. Renaud <sup>cb</sup>

<sup>a</sup> Université de Sfax, ISGI Sfax, Laboratoire OLID, Technopole de Sfax, 3021 Sfax-Tunisie

<sup>b</sup> Université de Strasbourg (ICUBE), 24 boulevard de la victoire 67000 Strasbourg-France

<sup>c</sup> Département de génie des systèmes(ETS), 1100 rue Notre-Dame ouest QC H3C 1K3 Montréal-Canada

\* e-mail : mohamed-amir.keskes@etu.unistra.fr

## 1. INTRODUCTION

Pendant longtemps, les recherches scientifiques se sont concentrées sur les pratiques visant à améliorer la productivité industrielle. Au cours des dernières décennies, l'accent a été mis sur les questions de durabilité, telles que la minimisation des dommages environnementaux et la réduction de l'empreinte écologique de la chaîne logistique [1]. La production industrielle consomme beaucoup d'énergie et émet de grandes quantités de gaz à effet de serre, aggravant le problème du changement climatique. Les décideurs sont désormais plus conscients des enjeux écologiques et cherchent à adopter des normes de production plus durables, éthiques et respectueuses de l'environnement [3].

Parmi les principes du développement durable « l'économie circulaire, (EC) », vise à limiter à la fois les déchets et la consommation de ressources, en transformant les déchets en ressources potentielles. Cela peut se faire notamment par le recyclage et la réutilisation d'objets, de déchets ou de produits, afin de leur donner une seconde vie. [4]. En appliquant les principes de l'économie circulaire, on peut identifier les différents scénarii de cycle de vie d'un produit. En mettant en œuvre l'évaluation environnementale du cycle de vie (AeCV), l'analyse des coûts du cycle de vie (AcCV) et l'analyse sociale du cycle de vie (AsCV), il est possible d'évaluer l'analyse de la durabilité du cycle de vie (ADCV).

L'objectif de ce papier est d'implémenter l'EC dans la chaîne logistique oléicole. Pour atteindre cet objectif, nous avons analysé, modélisé et valorisé les différents scénarii de gestion des déchets, ce qu'on appelle d'après le concept de l'EC "les boucles de retour". Notre question de recherche dans cet article est : comment aider les

décideurs à choisir les meilleures stratégies pour garantir que toutes les étapes du cycle de vie de l'olive soient circulaires et durables?. L'apport de ce travail est de proposer une meilleure configuration de la chaîne logistique de l'huile d'olive tunisienne dans une perspective de développement durable. L'approche proposée consiste à combiner la méthode Best Worst Method (BWM) , pour déterminer le poids des critères d'évaluation de la durabilité et la méthode VIKOR pour le classement des scénarii du cycle de vie, sur la base d'un ensemble de critères.

## 2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Un nombre importants de chercheurs se consacrent à la recherche des méthodes d'évaluation de la durabilité. Ces méthodes de recherche ont été appliquées dans plusieurs cas d'étude dans diverses zones agricoles, en général et ont obtenu de bons résultats. Parmi les méthodes, l'analyse de durabilité du cycle de vie nous permet d'évaluer l'impact environnemental, économique et social associé à toutes les phases de la vie d'un produit à partir de l'extraction des matières premières, la fabrication, le transport, l'utilisation et l'élimination [5].

Cependant, évaluer les impacts de la durabilité n'est pas toujours facile. C'est pourquoi, la prise de décision doit être effectuée dans le cadre de l'Analyse Décisionnelle Multi-Critères (ADMC). Par exemple, Ren [6] a développé un cadre méthodologique pour la prise de décision multicritères du cycle de vie de la production durable de bioéthanol. Ces auteurs ont attribué des poids pour les différents critères en utilisant la méthode "Analytic Hierarchy Process" (AHP), puis ils ont appliqué

la méthode VIKOR pour déterminer la séquence la plus durable des alternatives.

Dans le contexte de l'agriculture, Riesgo [7] a mené une étude visant à mesurer la durabilité des exploitations oléicoles et d'identifier le système le plus durable en Espagne. Cappelletti [8] a proposé une approche innovante pour l'évaluation de la durabilité du cycle de vie de la production de l'huile d'olive. L'AeCV, AcCV et l'AsCV sont intégrés avec une méthode multicritère AHP pour analyser et évaluer les différentes combinaisons de techniques agricoles et de procédés d'extraction d'huile d'olive dans le sud de l'Italie. Dans le même contexte, De Luca [9] évalue les pratiques de gestion des sols dans des différents scénarii oléicoles grâce à l'intégration de méthodologies basées sur le cycle de vie. Les critères AeCV, AcCV et AsCV sont intégrés dans le processus de l'AHP, qui est un outil utilisé pour l'analyse de décisions. L'utilisation de cette technique permet de définir l'importance (en termes de poids) des indicateurs de durabilité considérés, en rendant les résultats plus pertinents en Italie.

En 2021, Jellali [10] présente une approche multicritère dans un contexte « flou », permettant d'évaluer les différents scénarii, uniquement pour la phase agricole et la phase de transformation de l'huile

d'olive en Tunisie. Les auteurs ont utilisé la méthode TOPSIS qui donne un classement durable des alternatives proposées dans cette étude.

Cette revue de la littérature a mis en évidence que les outils de l'ADMC (BWS, TOPSIS et VICTOR ) sont des méthodes utiles pour évaluer la durabilité des systèmes agricoles en comparant les alternatives, en évaluant les impacts de la durabilité et en prenant des décisions contradictoires. Toutefois, il est important de noter que l'ADMC a également des inconvénients tels que la difficulté de quantifier les critères et les biais potentiels dans l'attribution des poids. En conclusion, les méthodes de prise de décision multicritères peuvent être utiles, mais il est important de les utiliser avec précaution et de prendre en compte tous les aspects de la durabilité..

### 3. METHODOLOGIE PROPOSEE

Notre étude propose une méthodologie originale, qui se compose de trois étapes présentées sur la figure 1. Cette approche est novatrice car elle intègre l'utilisation de l'SADT pour la valorisation des boucles de retour, une méthode qui n'a pas été couramment utilisée dans ce contexte auparavant.

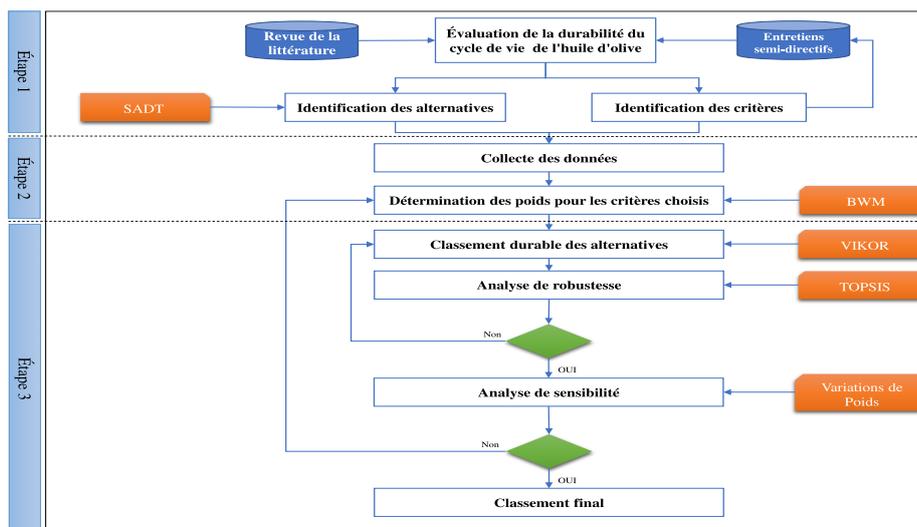


Figure 1 : Cadre de la méthodologie pour sélectionner le scénario le plus durable

- L'étape 1 consiste en une revue de la littérature sur les pratiques agricoles liées à la production d'huile d'olive, la gestion des déchets, ainsi que les études et analyses menées sur le territoire de Sfax en Tunisie. Cette revue de la littérature est complétée par des enquêtes menées auprès de décideurs, notamment dix agriculteurs de la région de Sfax et des experts de l'Institut de l'Olivier de Sfax. L'objectif de cette étape est d'extraire des alternatives, au nombre de huit, d'une part et les critères correspondant d'autre part. Pour les alternatives, la méthode « Structured analysis and design technique (SADT) » a été intégrée à notre démarche. Cette contribution scientifique nous permet d'avoir une vision plus systémique, grâce à une analyse descendante des niveaux successifs. L'SADT nous permet, de préciser de plus en plus finement le rôle de chaque élément du

système, et de préciser les boucles de retour pour chaque scénario (figure 2). Le résultat est de construire des scénarii innovants durables dans le cadre de l'économie circulaire. Concernant les critères utilisés dans cette étude (AeCV, AcCV et AsCV), ils sont validés par des experts spécialistes (agriculteur sfaxien, l'institut de l'olivier Sfax, ...) dans le domaine agricole.

- L'étape 2 intègre, la collecte des données à partir des enquêtes obtenues par les décideurs pour la construction de la matrice des décisions. Puis les valeurs des poids des critères d'évaluation de la durabilité sont déterminées à partir de la méthode BWM [11]. Celle-ci présente de nombreux avantages par rapport à la démarche ADCM, comme par exemple AHP. En raison de moins de comparaisons par paires, BWM procure un gain de temps de collecte de données, de calcul et d'analyse par rapport

à la méthode AHP. BWM fournirait des résultats avec une meilleure fiabilité et une incohérence minimale.

- L'étape 3 consiste à séquencer les différents scénarii de cycle de vie d'huile d'olive à l'aide de la méthode VIKOR. L'avantage de cette méthode est de traiter les données quelles soient qualitatives, quantitatives ou avec des unités de mesure différentes dans la matrice de décision. Pour réduire l'impact des incertitudes et des perturbations d'origine humaine, nous avons fait une analyse de sensibilité en changeant les poids des critères. Cela a permis la stabilité du résultat obtenu. Enfin, la méthode TOPSIS a été utilisée pour vérifier la robustesse des résultats du calcul de VIKOR et pour analyser la cohérence des résultats.

### 3.1. Calcul des poids des critères à partir de la méthode BWM

La méthode BWM comprend cinq étapes, [11]:

- Étape 1°: Déterminer un ensemble de critères de décision.
- Étape 2°: Déterminer le meilleur (par exemple, le plus souhaitable, le plus important) et le pire (le moins souhaitable, le moins important) des critères par le décideur. Dans cette étape, aucune comparaison n'est faite.

- Étape 3°: Déterminer la préférence du meilleur critère sur tous les autres en utilisant un nombre compris entre 1 et 9. Le vecteur Meilleur serait :

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, a_{BI}, a_{Bn}), \quad (1)$$

où  $a_{BI}$ , indique la préférence du meilleur critère  $B$  sur le critère  $I$ . Il est clair que  $a_{BB} = 1$ .

- Étape 4°: Déterminer la préférence de tous les critères sur le pire critère en utilisant un nombre compris entre 1 et 9. Le vecteur Autres vers le Pire résultant serait :

$$A_W = (a_{W1}, a_{W2}, a_{WI}, a_{Wn}), \quad (2)$$

où  $a_{IW}$ , indique la préférence du critère  $I$  sur le pire critère  $W$ . Il est clair que  $a_{WW} = 1$ .

- Étape 5°: Trouvez les poids optimaux ( $W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*$ )

Le problème peut être transféré au problème suivant:

Min  $\xi$  avec les sous contraintes s/c :

$$|W_B - a_{BI}W_I| \leq \xi, \text{ pour tout } I \quad (3)$$

$$|W_I - a_{IW}W_W| \leq \xi, \text{ pour tout } I \quad (4)$$

$$\sum_I W_I = 1 \quad (5)$$

$$W_I \geq 0, \text{ pour tout } I. \quad (6)$$

Sachant que :

$W_B$  : le meilleur critère  $B$  sur  $I$ ,  $W_I$  : le pire critère sur  $W$ ,  $a_{BI}$  : la préférence du meilleur critère  $B$  sur le critère  $I$ ,  $a_{IW}$  : la préférence du critère  $I$  sur le pire critère  $W$ .

En résolvant le problème, les poids optimaux ( $W_1^*, W_2^*, \dots, W_I^*$ ) et  $\xi^*$  sont obtenus.

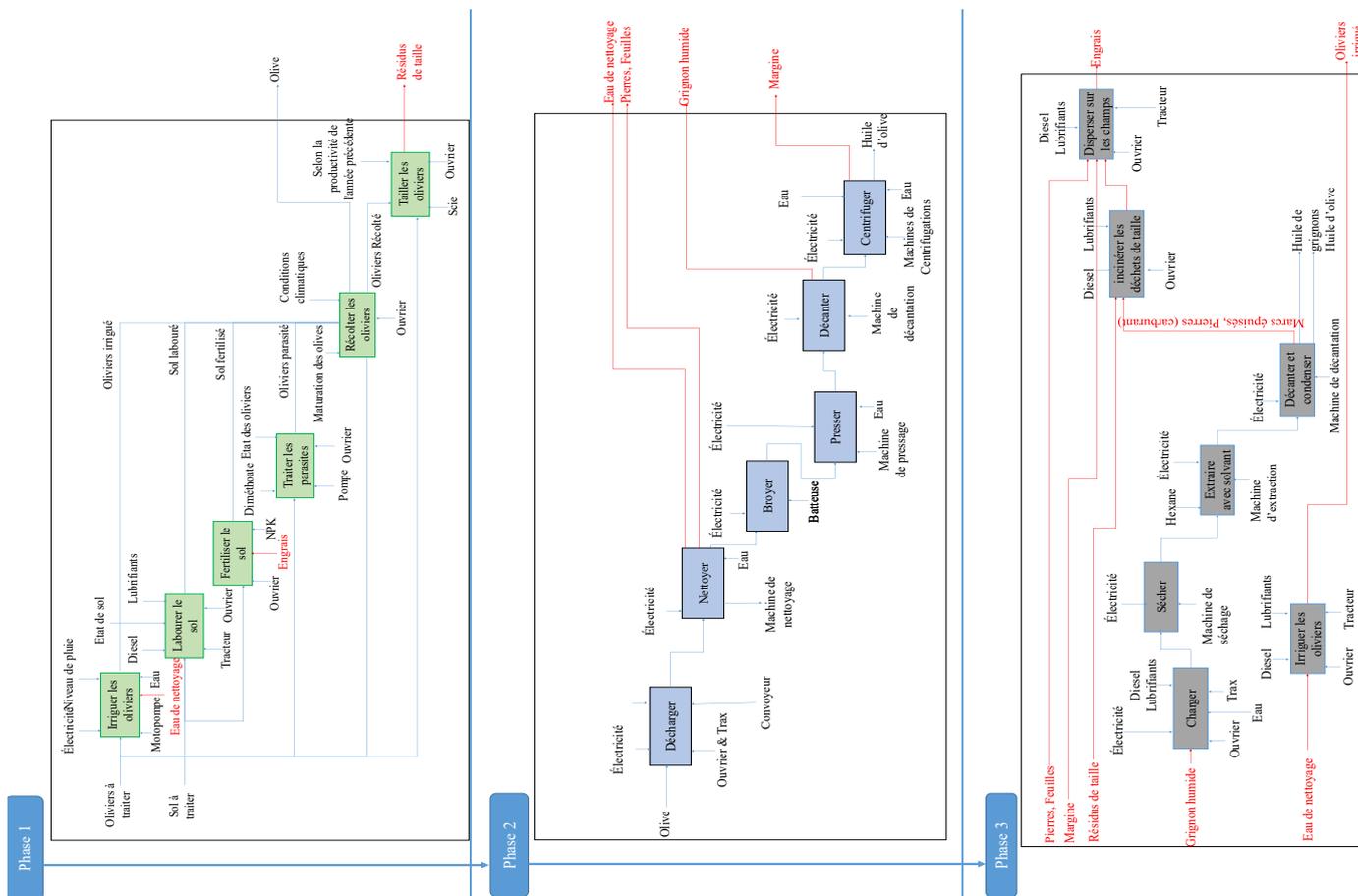


Figure 2 : Cycle de vie d'huile d'olive avec SADT

### 3.2. Classement des alternatives à partir de la méthode VIKOR

Les étapes de la méthodologie VIKOR sont décrites ci-dessous :

- Étape 1°: Construction de la matrice de décision, les valeurs quantitatives des critères sélectionnés

(indicateurs environnementaux, économiques et sociales) sont exprimées sous forme de matrice.

Étape 2°: Détermination des meilleures ( $f_i^*$ ) et des pires ( $f_i^-$ ) valeurs pour chaque  $C_i$ . Par conséquent, les équations (7) et (8) sont utilisées comme suit :

$$f_i^* = \max f_{ij} ; f_i^- = \min f_{ij} \quad (7)$$

$$f_i^* = \min f_{ij} ; f_i^- = \max f_{ij} \quad (8)$$

Étape 3°: Dans le but d'élaboration de la distance des alternatives à la solution idéale, il faut calculer les indices  $S_j$  (group utility values) dans l'équation (9) et  $R_j$  (individual regrets) dans l'équation (10).

Le premier  $S_k$  représente la distance d'une alternative à une solution idéale positive, tandis que le second  $R_k$  représente la distance d'une alternative à une solution idéale négative.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_i^* (f_i^* - f_{i,j})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (9)$$

$$R_j = \max_i \left[ W_i^* \left( \frac{f_i^* - f_{i,j}}{f_i^* - f_i^-} \right) \right] \quad (10)$$

Étape 4°: Puis le calcul de  $Q_j$  dans l'équation (11) représente l'indice synthétique VIKOR. La valeur la plus basse de  $Q_j$  correspond au meilleur scénario qui est le plus proche de la valeur idéale,  $\vartheta$  représente le poids de l'alternative avec l'utilité maximale et normalement est égal à 0,5.

$$Q_j = \vartheta \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - \vartheta) \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (11)$$

Étape 5°: Quand  $\vartheta=0,5 \rightarrow$  les deux conditions doivent être remplies :

- Condition 1°:  $(Q(A_2) - Q(A_1)) \geq (1 / (n-1))$  (12)

Sachant que :

$n^\circ$ : nombres des alternatives,  $A_1$ : meilleure alternative dans la liste de classement,  $A_2$ : la deuxième meilleure alternative dans la liste de classement.

- Condition 2°:  $A_1$  doit également être la mieux classée par S ou / et R.

Après ces deux conditions, VIKOR peut classer les alternatives pour déterminer rapidement le meilleur scénario avec précision.

## 4. ETUDE DE CAS DE LA PRODUCTION D'HUILE D'OLIVE

Afin d'illustrer notre méthodologie MCDA, présenté à la figure 1, pour la prise de décision sur la sélection du meilleur scénario pour le cycle de vie d'huile d'olive dans le contexte de la Tunisie, un cas concret illustratif est présenté. Ce cas concerne les pratiques agricoles, la méthode de transformation et la gestion de valorisation des déchets.

### 4.1. Les alternatives proposées par des décideurs de « terrain »

Huit scénarii ont été extraits de la littérature scientifique à partir des études de terrain avec les décideurs (agriculteurs, moulins, l'état, ...). Ces scénarii sont validés par les experts des Instituts De L'olivier de

Sfax. Chaque scénario comporte un cycle de vie complet d'huile d'olive (Tableau 1). Ce tableau représente les situations les plus répandues dans la chaîne de production locale, y compris les trois principales phases de la chaîne oléicole : la culture agricole, la production d'huile d'olive et le traitement des déchets.

### 4.2. Les critères de durabilité (ADCV)

L'évaluation des performances, environnemental, économique et social, est basée sur la compréhension et les connaissances des multiples parties prenantes acquises grâce aux statistiques et aux nos enquêtes.

Tableau 1 : Description des scénarii

Processus	Scénarii (Densité entre 17 et 34 Olivier /ha)									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		
Phase d'agriculture	Pratiques agricoles	Conventionnel				Organique				
	Productivité	900 kg/ha		2160 kg/ha		1660 kg/ha		850 kg/ha		
	Irrigation	Sèche		Avec irrigation			Sèche			
	Gest des sols	Mécanique avec utilisation des machines								
	Taille	Manuel avec des scies								
	Récolte	Manuel avec des ouvriers								
	Fertilisation	Distribution du fumier et l'eau usées des moulins avec NPK et sur le sol		Fumier et compost de grignan humide		Compost de grignan humide et eaux usées des moulins		Fumier et compost de grignan humide		Compost de grignan humide et eaux usées des moulins
	Pesticide, herbicide	Manuel, deux fois par an, avec des insecticides				Rien				
	Phase de production	Méthode d'extraction	Système Traditionnel	Système à 3 phases	Système Traditionnel	Système à 3 phases	Système de centrifugation à 2 phases			
			Système de centrifugation à 2 phases							
Système de centrifugation à 2 phases										
Système de centrifugation à 2 phases										
Phase de Gestion des Déchets	Grignan	2 <sup>ème</sup> extraction d'huile			Rien					
	Grignan humide	Rien			Compostage de grignan avec fumier	Compostage de grignan humide avec des eaux usées des moulins	Compostage de grignan avec fumier	Compostage des eaux usées des moulins avec de grignan humide		
	Les eaux usées des moulins	Application des eaux usées des moulins directe sur les champs				Application des eaux usées des moulins sur les champs		Application des eaux usées des moulins sur les champs		
Phase de Gestion des Résidus de Taille	Traitement des résidus de taille	Broyage et dispersion sur les champs	Brûlure et dispersion sur les champs	Broyage et dispersion sur les champs			Brûlure et dispersion des cendres sur les champs			

#### 4.2.1. Analyse environnementale du Cycle de Vie

Les décideurs et les experts, ont sélectionné les méthodologies qui leur conviennent, y compris la caractérisation CML 2 et les méthodologies ReCiPe 2008, [12]. Trois catégories d'impact environnemental ont été obtenues, comme définies par la caractérisation CML 2 baseline 2000 V2.04: Global warm, Eutrophication et Acidification. Les résultats de cette partie ont été développés et analysés avec le logiciel SimaPro 7.2 [12], Figure 3.

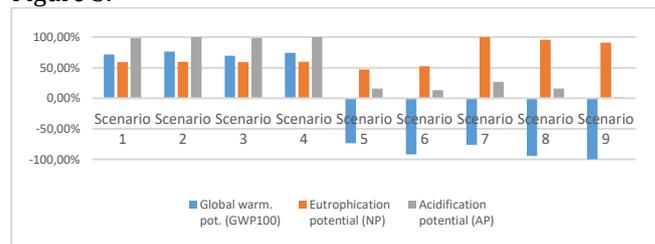


Figure3 : Impact environnemental de chaque scénario

Une comparaison entre les huit scénarii par unité fonctionnelle est réalisée (1000 kg d'olives). Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure 3 et montrent, d'une manière générale, les scénarii conventionnels (Scénario 1, 2, 3 et 4) présentant les charges environnementales les plus élevées pour chaque catégorie d'impact étudié, tandis que les scénarii organiques (Scénario 5, 6, 7 et 8) présentent des charges environnementales négatives, donc moins polluants.

#### 4.2.2. Analyse du coût du cycle de vie

Dans cette étude les décideurs et les experts ont sélectionné des critères économiques comme : coût d'opération et productivité. Les résultats de cette partie ont été développés avec des enquêtes et des entretiens avec les parties prenantes. La figure 4 présente les impacts économiques de chaque scénario, les scénarii 5 et 6 présentent les charges économiques les plus élevés, cela est dû au type d'investissement dans la phase de transformation (Système de centrifugation à 2 phases). Cette technique est considérée comme une technique durable puisque elle ne nécessite pas d'une grande quantité d'eau, mais elle reste très coûteuse.

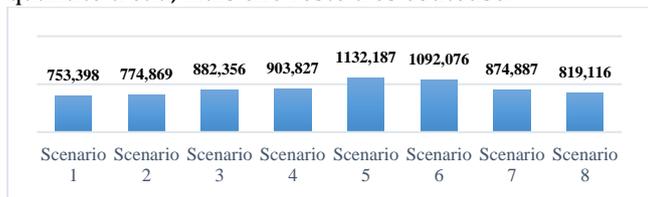


Figure 4: Impact économique de chaque scénario

#### 4.2.3. Analyse sociale du cycle de vie

Les enquêtes menées auprès des décideurs et des experts ont permis d'identifier les critères sociaux comme: Travailleurs (Le respect des droits humains au travail) et Les conditions de travail. Les résultats de cette partie ont été développés avec des enquêtes et des entretiens avec les parties prenantes. Dans notre enquête, une échelle de Likert dispose de 5 points pour exprimer le degré d'accord ou de désaccord relatif à une affirmation. Les droits humains et les conditions de travail sont moins respectés dans les scénarii S3, S4, S5 et S6, cela est lié à la productivité dans ces scénarii qui est la plus grande, (Figure 5). Ces scénarii ont besoin de plus d'effort physique.

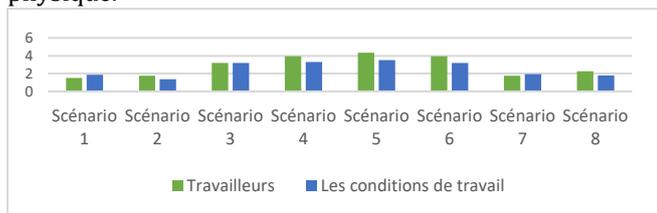


Figure 5: Impact social de chaque scénario

### 4.3. Calcul des poids des critères à partir de la méthode BWM

La méthode BWM a été réalisée pour obtenir le poids de chaque critère, en appliquant les équations (3), (4), (5)

et (6). Le tableau 2 représente les poids des critères dans notre étude de cas.

Tableau 2 : Matrice des poids des trois critères

Critères	Sous-Critères	Poids des Sous-Critères	Poids des Critères
AeCV	Global warm	0,323	0,710
	Eutrophication	0,194	
	Acidification	0,194	
AcCV	Coût d'opération (DT)	0,097	0,194
	Productivité (Kg)	0,097	
AsCV	Travailleurs	0,032	0,097
	Les conditions de travail	0,065	

### 4.4. Classement des alternatives à partir de la méthode VIKOR

Après avoir obtenu la matrice décisionnelle, présentée dans le tableau 3, la méthode VIKOR peut être appliquée pour évaluer le classement des 8 scénarii afin d'obtenir la meilleure solution de compromis. Les résultats du calcul VIKOR sont illustrés dans le tableau 4.

Tableau 3 : La matrice décisionnelle de notre enquête

Sous-critères		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
AeCV	Global warm	4,8E+02	5,1E+02	4,7E+02	5,0E+02	-4,9E+02	-6,1E+02	-5,1E+02	-6,3E+02
	Eutrophication	4,4E+01	4,5E+01	4,4E+01	4,5E+01	3,5E+01	3,9E+01	7,5E+01	7,2E+01
	Acidification	1,1E+01	1,1E+01	1,1E+01	1,1E+01	4,0E+00	1,4E+00	2,9E+00	1,7E+00
AcCV	Coût d'opération (DT)	753,398	774,869	882,356	903,827	1232,18	1092,07	874,887	819,116
	Productivité (Kg)	900	900	2160	2160	1740	1660	850	850
AsCV	Travailleurs	1,5	1,75	3,19	3,94	4,35	3,94	1,75	2,25
	Les conditions de travail	1,875	1,375	3,19	3,31	3,51	3,19	1,94	1,81

Tableau 4 : Résultats d'évaluation VIKOR et tri

	$S_{j, Eq(9)}$	$R_{j, Eq(10)}$	$Q_{j, Eq(11)}$	Classement
S1	0,3297	0,1570	0,9631	6
S2	0,3324	0,1613	0,9856	7
S3	0,3242	0,1556	0,9457	5
S4	0,3391	0,1599	0,9944	8
S5	0,1583	0,0484	0,1672	2
S6	0,1064	0,0342	0,0000	1
S7	0,1995	0,0968	0,4461	4
S8	0,1584	0,0895	0,3292	3

Sur la base des résultats présentés dans le tableau 4, on peut observer que le scénario 6 est le mieux classé selon la valeur  $Q_j$  (c'est-à-dire la valeur minimale) calculé grâce à l'équation (11).

Puisque  $\vartheta=0,5 \rightarrow$  Les deux conditions de l'étape 5 ont été examinées, sur la base du classement des différents scénarii. La conditions 1: d'après l'équation (12)  $\rightarrow Q(S6)-Q(S5) = 0,1672 > 1/(8-1) = 0,143$ . La condition 2: cette alternative est la mieux classée par S et R. Ces deux conditions sont satisfaisantes donc le classement de la méthode VIKOR est pertinent.

Le scénario 4 a le cycle de vie la moins durable, principalement pour deux raisons : 1) la transformation d'huile d'olive est basée sur un Système de centrifugation triphasé qui est considéré comme un système d'extraction polluant. 2) La valorisation des déchets: comprend une 2ème extraction d'huile de grignon qui nécessite plus d'eau + l'application des eaux usées des moulins directe dans les champs qui est considéré très polluant + Brûlure et dispersion des cendres sur les champs qui est considéré d'après les experts très polluant. Ces deux raisons ont

causé à la fois une grave pollution de l'environnement et des coûts économiques importants. Le scénario 6 est comparativement meilleur que les autres scénarii, particulièrement performant sur les plans environnemental, économique et sociale.

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Analyse de sensibilité pour les poids des critères

Une analyse de sensibilité est menée en attribuant différents vecteurs de poids aux critères, selon 4 cas: Importance égale : attribuer un poids égal de 0.333 à chacun des trois critères (cas 1).

Un dominant avec le reste d'égal importance (cas 2, cas 3 et cas 4) : cela signifie qu'un poids dominant est attribué à un critère et qu'un poids égal est attribué aux 2 critères restants. En prenant le cas 2 comme exemple (tableau 5), un poids dominant de 0,40 est attribué aux impacts environnementaux et un poids de 0,30 est attribué à chacun des deux autres critères (économique et sociale). D'après les résultats présentés dans le tableau 5, le scénario 6 est le plus durable et scénario 4 est le pire dans les quatre cas. Par conséquent, on peut conclure que la méthode proposée pour calculer les poids des critères est valide en termes de sensibilité.

**Tableau 5 : Résultats de l'analyse de sensibilité en modifiant les poids des critères**

Poids :			Cas :	Scénarii							
Env	Eco	Soc		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
0.33	0.33	0.33	Cas 1	5	4	2	8	7	1	6	3
0.40	0.30	0.30	Cas 2	5	4	2	8	7	1	6	3
0.30	0.40	0.30	Cas 3	6	5	2	8	3	1	7	4
0.30	0.30	0.40	Cas 4	3	2	6	8	7	1	4	5

### 5.2. Analyse de robustesse

La méthode TOPSIS dans cette étude, a été menée pour vérifier l'évaluation des performances de l'analyse VIKOR. Les coefficients de classement, calculés, antérieurement par la méthode TOPSIS, pour les 8 scénarii sont : (S1=0.159, S2=0.155, S3=0.174, S4=0.165, S5=0,829, S6=0.910, S7=0.775 et S8=0.819). À partir des résultats du modèle d'évaluation complet, la séquence de cycles de vie d'huile d'olives, de la meilleure à la pire, a été dérivée comme suit : Scénario 6 (meilleur), Scénario 5, Scénario 8, Scénario 7, Scénario 3, Scénario 4, Scénario 1, Scénario 2 (pire). L'ordre des quatre primaires solutions obtenu par les deux méthodes (TOPSIS et VIKOR) est similaire. Par conséquent, on peut conclure que la méthode proposée pour le classement des alternatives est valide en termes de robustesse.

## 6. CONCLUSION

ADMC et ADCV sont intégrés pour l'évaluation de la durabilité des pratiques agricoles, la méthode de transformation et la gestion de valorisation des déchets,

pour que toutes les étapes de cycle de vie de la chaîne oléicole soient circulaires et durables. La méthode proposée permet aux décideurs/acteurs d'identifier les scénarii les plus durables pour atteindre leurs objectifs parmi différentes alternatives. Les méthodes BWM et VIKOR sont combinées pour déterminer la séquence durable et le scénario le plus durable. BWM est utilisé pour calculer les pondérations des critères pour l'évaluation de la durabilité. VIKOR est utilisé comme méthode multicritère pour classer les alternatives par ordre décroissant selon la matrice décisionnelle.

Le scénario 6 propose un cycle de vie qui implique la culture biologique de l'olivier avec irrigation. Cette configuration permet d'obtenir une productivité maximale grâce à un système d'irrigation efficace [12]. Selon l'étude de Jallali [10], le système d'extraction le plus durable est le système de centrifugation à 2 phases. En ce qui concerne la gestion des déchets, nos résultats concordent avec les travaux de [5]. Notre contribution est d'avoir intégré tous ces résultats dans un seul cas d'étude grâce à un cycle de vie complet.

## RÉFÉRENCES

- [1] Struik P C., Kuyper T W., Brussaard L., Leeuwis C. Deconstructing and unpacking scientific controversies in intensification and sustainability: why the tensions in concepts and values?. *Curr Opin Environ Sustain*, 8: 80–88, 2014.
- [2] Roy P., Nei D., Orikasa T., Okadome Q Xu H., Nakamura N., Shiina T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *J Food Eng*, 90: 1–10, 2009.
- [3] De Luca A I., Iofrida N., Leskinen P., Stillitano T., Falcone G., Strano A., Gulisano G. Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review. *Science of the Total Environment*, 595: 352–370, 2017.
- [4] Keskes M A., Zouari A., Lehyani F., Houssin R. Circular economy implementation within manufacturing companies at sfax-tunisia: barriers and opportunities. *Environ Eng MANAG J (EEMJ)*, 21(3): 517-528, 2022.
- [5] Batuecas E., Tommasi T., Battista F., Negro V., Sonetti G., Viotti P., Fino D., Mancini G. Life Cycle Assessment of waste disposal from olive oil production: Anaerobic digestion and conventional disposal on soil. *J Environ Manage*, 237: 94–102, 2019.
- [6] Ren J., Toniolo S. Life cycle sustainability decision-support framework for ranking of hydrogen production pathways under uncertainties: An interval multi-criteria decision making approach. *J Clean Prod*, 175: 222–236, 2018.
- [7] Riesgo L., Gallego-Ayala J. Multicriteria Analysis of Olive Farms Sustainability: An Application of TOPSIS Models. *Handbook of Operations Research in Agriculture and the Agri-Food Industry*, 224: 327–353, 2015.
- [8] G.M. Cappelletti, L. Grilli, G.M. Nicoletti, and C. Russo. Innovations in the olive oil sector: A fuzzy multicriteria approach. *J Clean Prod*, 159, 95–105 (2017).
- [9] De Luca A I., Iofrida N., Falcone G., T. Stillitano T., Gulisano G. Olive growing scenarios of soil management: Integrating environmental, economic and social indicators from a life-cycle perspective, in: *Acta Hort. Intel Soci Horticultural Sci*, 1199: 209–214, 2018.
- [10] Jellali A., Hachicha W., Aljuaid A.M. Sustainable Configuration of the Tunisian Olive Oil Supply Chain Using a Fuzzy TOPSIS-Based Approach. *Sustainability*, 13: 1–20, 2021.
- [11] Rezaei J. Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method. *Omega*, 53: 49–57, 2015.
- [12] Salomone R., Ioppolo G. Environmental impacts of olive oil production: a Life Cycle Assessment case study in the province of Messina (Sicily). *J Clean Prod*, 28: 88–100, 2012.