



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis



 **PPPT**
PROJET DE PRODUCTION **PROPRE** TUNISIEN

Domaine d'action «Analyse du Cycle de Vie»

**Rapport technique d'évaluation de l'impact environnemental de
l'huile d'olive biologique vierge extra produite par la HMT**

07/07/2015

TABLE DES MATIERES

0	RESUME	6
1	INTRODUCTION	8
1.1	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	8
1.2	APERÇU SUR LE SECTEUR OLEICOLE EN TUNISIE.....	8
1.3	L'ACV DANS LE SECTEUR AGRICOLE	10
2	METHODES- FONCTION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE	11
2.1	OUTILS UTILISES	11
2.2	METHODOLOGIE GENERALE SELON LA NORME ISO	12
2.3	METHODE D'ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX CHOISIE	13
3	DEFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ETUDE.....	17
3.1	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	17
3.2	UNITE FONCTIONNELLE.....	18
3.3	FRONTIERES ET ETAPES DU SYSTEME	18
3.4	DIFFERENTS SCENARIOS ETUDIES.....	22
3.5	REGLE D'ALLOCATION ENTRE LES DIFFERENTS COPRODUITS	23
3.6	VALORISATION DES COPRODUITS	24
3.6.1	<i>Facteurs d'allocation :</i>	25
4	ANALYSE DE L'INVENTAIRE	28
4.1	PRODUCTION AGRICOLE	28
4.1.1	<i>Données de base</i>	28
4.1.2	<i>Diagramme des flux</i>	28
4.2	TRITURATION.....	31
4.2.1	<i>Données de base</i>	31
4.2.2	<i>Diagramme des flux</i>	31
4.3	GESTION DES GRIGNONS HUMIDES.....	33
4.3.1	<i>Données de base</i>	33
4.3.1	<i>Diagramme des flux</i>	33
4.4	GESTION DES GRIGNONS SECS	34
4.4.1	<i>Données de base</i>	34
4.4.2	<i>Diagramme des flux</i>	34
4.5	GESTION DES MARGINES	35
4.5.1	<i>Données de base</i>	35
4.5.2	<i>Diagramme des flux</i>	35
5	EVALUATION DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES.....	37

5.1	VUE D'ENSEMBLE DU SCENARIO 1	37
5.2	VUE D'ENSEMBLE DU SCENARIO 2	40
5.3	VUE D'ENSEMBLE DU SCENARIO 3	43
5.4	ANALYSE COMPARATIVE DES DEUX CONDUITES CULTURALES.....	46
5.5	ANALYSE COMPARATIVE DES DEUX PROCEDES DE TRITURATION	49
5.6	ANALYSE COMPARATIVE DES TROIS SCENARIOS.....	51
6	CONCLUSION.....	54
7	RECOMMANDATIONS.....	57
8	EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES MESURES D'AMELIORATION	59
9	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	61
10	ANNEXES	64
10.1	ANNEXE 1- CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET ORGANOLEPTIQUES DE L'HUILE D'OLIVE VIERGE EXTRA	64
10.2	ANNEXE 2 : DONNEES ET HYPOTHESES DE LA PHASE AGRICOLE.....	68
10.3	ANNEXE3 : DONNEES ET HYPOTHESE DU TRANSPORT DES OLIVES VERS L'UNITE DE TRITURATION	79
10.4	ANNEXE 4 : DONNEES ET HYPOTHESES DU PROCEDURE DE TRITURATION.....	80
10.5	ANNEXE 5 : DONNEES ET HYPOTHESES DE LA GESTION DES GRIGNONS HUMIDES (SCENARIOS 1 ET 3)	85
10.6	ANNEXE 6 : DONNEES ET HYPOTHESES DE LA GESTION DES GRIGNONS SECS (SCENARIO 2).....	88
10.7	ANNEXE 7 : DONNEES ET HYPOTHESES DE LA GESTION DES MARGINES ET DES EAUX USEES DE LAVAGE DES EQUIPEMENTS	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Différents scénarios étudiés	22
Tableau 2 : Calcul des facteurs d'allocation financière	27
Tableau 3 : Evaluation des impacts environnementaux de l'huile d'olive selon les trois scénarios	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Relation entre les différentes étapes du processus (ISO 14040)	12
Figure 2 : Schéma général du cadre d'IMPACT 2002 +, reliant les résultats de l'inventaire du cycle de vie aux catégories de dommages (Jolliet et al. 2003)	14
Figure 3 : Définitions des origines et des usages de l'eau dans un système de production (à partir de Mila i Canals et al 2009)	16
Figure 4 : Limites du système d'étude	19
Figure 5: Différentes étapes du système.....	21
Figure 6 : Diagramme des flux de la conduite culturale extensive (par pied)	29
Figure 7 : Diagramme des flux de la conduite culturale semi-intensive (par pied)	30
Figure 8 : Diagramme des flux de la trituration- chaine continue 2 phases	31
Figure 9 : Diagramme des flux de la trituration- chaine continue 3 phases	32
Figure 10 : Diagramme des flux de la gestion du grignon humide.....	33
Figure 11 : Diagramme des flux de la gestion du grignon issu de 3 phases	34
Figure 12 : Diagramme des flux de la gestion des margines issues du procédé 2 phases	35
Figure 13 : Diagramme des flux de la gestion des margines issues du procédé 3 phases	36
Figure 14 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 1	37
Figure 15 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture extensive) -Scénario 1	39
Figure 16 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 2	41
Figure 17 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture extensive) -Scénario 2.....	42
Figure 18 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 3	44
Figure 19 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture semi-intensive) -Scénario 3.....	45
Figure 20 : Analyse comparative entre les deux conduites culturales selon les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes	47
Figure 21 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique des deux conduites culturales	48
Figure 22 : Comparaison des deux procédés de trituration par rapport aux catégories de dommage : santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique	49
Figure 23 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique des 2 procédés de trituration.....	50
Figure 24 : Analyse comparative entre les trois scénarios selon les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes	52
Figure 25 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique entre les trois scénarios	53
Figure 26: Analyse comparative des trois scénarios (4,5 et 6) par rapport au scénario de référence (scénario 1).....	59

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV	:	Analyse du Cycle de Vie
A 50/50	:	Allocation 50/50
CE	:	Commission Européenne
CEMAGREF	:	Centre d'Étude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts
CITET	:	Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis
CO ₂	:	Dioxyde de Carbone
COI	:	Conseil Oléicole International
DALY	:	Disability Adjusted Life Years
DGPA	:	Direction Générale de Production Agricole
DT	:	Dinar Tunisien
eq	:	équivalent
Fa	:	Facteur d'allocation
GES	:	Gaz à Effet de Serre
GIEC	:	Groupement International d'Experts sur l'évolution du Climat
H	:	Humidité
ha	:	hectare
HMT	:	Huilerie Moderne de Tunisie
IPPC	:	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	:	International Organization for Standardization
kg	:	kilogramme
kWh	:	Kilo-Watt-heure
L	:	Litre
m ²	:	mètre carré
m ³	:	mètre cube
MEATDD	:	Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire et du Développement Durable
MJ	:	Méga-Joule
ONH	:	Office National de l'Huile
ONUUDI	:	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
PDF	:	Potentially Disappeared Fraction
PEHD	:	Polyéthylène Haute Densité
PPPT	:	Projet de Production Propre Tunisien
Q	:	Quantité
SECO	:	Secrétariat d'Etat à l'Economie (Suisse)
SOFIES	:	Solutions for Industrial Ecosystems
Ve	:	Valeur économique
WSI	:	Water Stress Index

0 RESUME

Une analyse environnementale du système de production d'huile d'olive adopté par l'Huilerie Moderne de Tunisie (HMT) a été conduite dans le cadre du Projet de Production Propre Tunisien (PPPT), avec pour objectif d'évaluer l'empreinte environnementale associée à la production d'un litre d'huile d'olive biologique vierge extra dans les conditions de l'étude et d'apporter des indications sur les «points chauds» de toute la chaîne de production afin d'orienter l'entreprise vers un choix respectueux de l'environnement et d'aider éventuellement à la mise en place d'une stratégie nationale visant la définition des critères écologiques pour la production oléicole en Tunisie.

L'analyse s'est appuyée sur l'approche standardisée de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), afin de quantifier les impacts environnementaux potentiels dans différentes catégories, à partir de la démarche d'évaluation proposée par la méthode IMPACT 2002+ combinée avec la méthode développée par Pfister et al. (2009) pour l'évaluation de l'impact lié au stress hydrique.

Le champ de l'étude couvre les étapes du champ à la sortie de l'huilerie «cradle to gate» : la phase de production agricole d'olive, le transport d'olive vers l'huilerie, la trituration ainsi que la gestion des sous-produits générés tout au long de la chaîne de production (déchets de taille, grignons, margines,...etc.). Ainsi, et afin de répondre à l'objectif de l'étude, différents scénarios ont été modélisés. Les scénarios étudiés couvrent deux conduites de culture culturale (une culture extensive non irriguée et une culture semi-intensive irriguée) et deux procédés de trituration (chaîne continue à 3 phases et chaîne continue à 2 phases) en intégrant à chaque fois les différentes alternatives associées à la gestion des sous-produits.

Les résultats de l'étude révèlent que la phase agricole est incontestablement l'étape la plus impactante de tout le cycle de vie de production d'huile d'olive, et ce, pour les deux types de culture étudiés. La culture extensive émet l'équivalent de 2.78 kg de CO₂eq par litre d'huile d'olive produit dont plus de 85% sont associés aux processus de la phase agricole et l'entretien du sol est à l'origine d'environ 80% de ces émissions. L'analyse comparative des deux types de cultures a mis en exergue que la culture semi-intensive génère moins d'impacts que la culture extensive pour les

catégories de dommage changement climatique, qualité des écosystèmes et santé humaine. Ceci est dû à la différence de rendement oléicole rapporté à l'hectare entre les deux conduites de culture qui est nettement en faveur de la culture semi-intensive. Cependant, la culture semi-intensive a une contribution au stress hydrique environ 100 fois plus importante que celle liée à la culture extensive. L'empreinte liée au stress hydrique (« water scarcity footprint » d'après la norme ISO 14046) associée à la culture semi-intensive est évaluée à 1'102 litre-eq d'eau par litre d'huile d'olive produit.

L'analyse comparative des deux procédés de trituration a mis en évidence que la chaîne continue à 3 phases génère plus d'impacts que la chaîne continue à 2 phases. Cependant, il importe de signaler que les 2 procédés génèrent des bénéfices environnementaux sur le changement climatique et ce en raison de la valorisation énergétique des grignons secs épuisés et des noyaux issus respectivement de la trituration à 3 phases et la trituration à 2 phases. En effet, l'excédent du grignon épuisé (pour le cas de la trituration 3 phases) et des noyaux (pour le cas de la trituration 2 phases) est valorisé en externe comme combustible substituant une quantité énergétiquement équivalente de fuel lourd, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ce dernier.

A l'issue de cette étude et afin d'améliorer la performance environnementale du système étudié en tenant compte du contexte local, surtout en ce qui concerne la problématique de la pénurie d'eau et le stress hydrique de la région, il a été recommandé de favoriser la culture extensive non irriguée tout en étudiant la faisabilité technique et économique d'intensification de la densité des arbres afin d'améliorer le rendement oléicole à l'hectare. A titre d'illustration, une intensification de la densité des arbres de 4 fois (68 pieds/ha au lieu de 17 pieds/ha) permet de réduire l'impact sur le changement climatique d'environ 80% tout en considérant des conditions d'exploitation similaires.

Quant à la trituration, la chaîne continue à 2 phases est sans doute le procédé le plus écologique.

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre du Projet de Production Propre Tunisien (PPPT), un projet mené par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONU/IDI), financé par le Secrétariat d'Etat à l'Economie (SECO, Suisse) et mis en œuvre par le Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET) en partenariat avec le bureau de conseil en écologie industrielle (SOFIES, Suisse).

Le domaine d'action «Analyse du Cycle de Vie» est une composante importante du projet PPPT. Ce domaine d'action vise la réalisation de 5 études ACV pour des produits phares tunisiens du secteur agro-alimentaire (huile d'olive, dattes, conserve de harissa). Les études réalisées seront des cas pilotes qui vont servir de base pour alimenter des réflexions à l'échelle nationale sur l'élaboration et/ou l'actualisation de cahiers de charge pour la labellisation écologique de ces produits selon un standard national «Ecolabel Tunisien», ainsi que la révision des réglementations et politiques sectorielles existantes.

S'appuyant sur la méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV), cette étude s'intéresse à l'évaluation des performances environnementales de l'huile d'olive biologique vierge extra, produite par l'entreprise HMT, une huilerie implantée à Sfax, et ce, en tenant compte du mode de conduite culturale des oliviers, du procédé de trituration adopté ainsi que du mode de gestion des sous-produits de trituration (margines et grignons).

En acquérant une meilleure connaissance des impacts environnementaux liés à son activité, l'entreprise HMT aura la possibilité d'exploiter les résultats de cette étude pour communiquer sur les avantages environnementaux de son mode de production et d'améliorer les performances environnementales de son produit.

1.2 Aperçu sur le secteur oléicole en Tunisie

La Tunisie est le pays oléicole le plus important du Sud de la Méditerranée. Plus de 30 % de ses terres agricoles sont consacrées à l'oléiculture. La culture de l'olivier est

répartie du nord au sud dans des conditions bioclimatiques très variées. Aujourd'hui, le patrimoine oléicole tunisien est estimé à 78 millions d'arbres qui couvrent une superficie de 1'740'000 hectares. La Tunisie occupe ainsi le quatrième rang au niveau mondial en nombre d'arbres et le second en superficie (DGPA, 2014).

Pour cela, la Tunisie adopte une nouvelle stratégie basée sur la conception d'une oléiculture moderne, compétitive et rentable qui passe par l'installation des plantations intensives et hyper-intensives.

Actuellement, le débat porte beaucoup sur les impacts de l'agriculture moderne et de ses multiples intrants sur l'environnement. En effet, les experts estiment qu'environ 14% des émissions mondiales des gaz à effet de serre sont liés à l'agriculture (GIEC, 2007). Au niveau national, l'inventaire des gaz à effet de serre en Tunisie pour l'année 2000 réalisé par le ministère en charge de l'environnement montre que 20% des émissions sont dues à l'agriculture, dont 50.7% sont liés à la gestion des terres agricoles (MEATDD, inventaire des gaz à effet de serre, 2000). D'une façon générale, ces impacts sont à la fois liés à la mécanisation de l'agriculture, à l'utilisation d'engrais chimiques, de pesticides, aux émissions de protoxyde d'azote et de méthane du bétail, aux émissions liées à la gestion des terres agricoles ou par l'épuisement des ressources naturelles et des bases de la production agricole future.

Cependant, les conditions agro-climatiques de la plupart des régions Tunisiennes ainsi que les conduites de conduites de l'olivier sont favorables à la conversion de cette espèce en agriculture biologique ce qui pourrait de présenter un bon créneau d'investissement tout en offrant une alimentation saine, équilibrée et respectueuse de l'environnement. Elle permet de mettre en œuvre une agriculture durable et adaptable à toute condition pédoclimatique. Il s'agit d'une approche globale en tenant compte des aspects agronomiques, économiques, écologiques et sociaux.

L'oléiculture est la locomotive de l'agriculture biologique en Tunisie où les plantations d'oliviers s'étendent sur 125'000 hectares soit 40% de la superficie totale cultivée selon le mode biologique. La production d'huile d'olive biologique a atteint 25 000 tonnes en 2009 ce qui fait de la Tunisie le premier pays producteur d'huile d'olive

biologique dans le monde et reflète le dynamisme du marché et l'intérêt porté à cette filière (ONH, 2012).

1.3 L'ACV dans le secteur agricole

Un état de l'art sur l'utilisation des ACV en agriculture a été conduit au Cemagref en 2008 (De Gervillier, 2008). Il a montré que l'essentiel des études ACV dans le domaine agricole compare des productions végétales (blé/maïs), des conduites de production d'aliments du bétail, des techniques agricoles (défanage, dose d'apport d'engrais) ou encore des conduites de production agricole (agriculture intensive, biologique, raisonnée).

Une analyse du cycle de vie (ACV) a été utilisée pour évaluer la consommation de matières premières et les émissions de polluants provenant de la production d'huile d'olive dans la région Lythrodontas en Chypre, afin d'identifier les processus qui donnent lieu aux charges environnementales les plus importantes. Le système étudié comprend la production des intrants chimiques utilisés (engrais et pesticides), les procédés agricoles, le secteur industriel, le traitement et la gestion des déchets associés à la production d'huile d'olive et le transport. Les intrants et les extraits ont été quantifiés sur la base d'une unité fonctionnelle de un litre (1 L) d'huile d'olive vierge extra. Avraamides et Fatta (2008), ont prouvé que la production des engrais minéraux utilisés dans la production agricole et le déchargement des effluents liquides (les margines) des huileries dans des bassins d'évaporation représentent les points chauds (ou « hotspots ») qui induisent des impacts environnementaux non seulement en termes de consommation des ressources naturelles, mais aussi en termes d'émissions dans l'environnement. Ils ont mis en exergue que le système dans son ensemble libère 3,9 kg de dioxyde de carbone fossile par litre d'huile d'olive produite, dont 3,66 kg (94%) sont associés aux processus liés à la phase agricole.

Une autre étude de l'ACV a été réalisée par Roberta et Giuseppe (2011) en Sicile, et dont le but est de fournir des informations utiles pour la prise de décisions stratégiques visant l'amélioration et l'optimisation dans la chaîne de production d'huile d'olive. Celle-ci est basée sur la détermination des impacts potentiels sur l'environnement des activités reliées à la production d'huile d'olive, afin d'identifier les processus qui génèrent les problèmes environnementaux les plus significatifs.

2 METHODES- FONCTION DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV), également appelée écobilan, est une méthodologie permettant d'analyser l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un système en relation avec une fonction particulière, et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie; c'est à dire depuis l'extraction des matières premières pour sa fabrication jusqu'à sa gestion finale en tant que déchet, en passant par toutes les étapes intermédiaires de transformation, production, transport, consommation, etc.

L'ACV permet de transformer les flux de matière et d'énergie consommés et émis à chaque étape du cycle de vie d'un produit (ou d'un service) en impacts environnementaux potentiels.

Si les applications de l'ACV sont multiples, elles permettent toutes de déterminer, face à un problème donné, les priorités d'action parmi l'ensemble des mesures possibles, en tenant à la fois compte de leur efficacité environnementale, de leurs coûts et des contraintes qu'elles impliquent sur le plan économique. Ainsi, l'ACV est généralement appliquée pour :

- Comparer des produits, des services ou des procédés industriels;
- Améliorer la conception et le développement de produits;
- Développer des stratégies et des politiques publiques/d'entreprise;
- Exploiter les résultats de l'étude afin de développer des réglementations et politiques sectorielles et/ou de les affiner afin de les adapter au mieux aux enjeux et au contexte tunisiens.

2.1 Outils utilisés

Le logiciel utilisé pour réaliser cette ACV est Quantis SUITE 2.0. Ce dernier génère des indicateurs multiples, tels le carbone, mais aussi la qualité des écosystèmes, l'utilisation des ressources, la santé humaine, l'empreinte eau et les coûts. Evolutif et basé sur les méthodologies validées, ce logiciel intègre les bases de données internationalement reconnues (ecoinvent, Bilan Carbone ADEME, etc.) et les standards en vigueur dans les différents pays.

La base de données utilisée est ecoinvent v.2.2. Elle contient des données industrielles d'inventaire du cycle de vie concernant les ressources énergétiques, l'extraction des ressources, l'approvisionnement en matériaux, la chimie, les métaux, l'agriculture, la gestion des déchets et le transport (ecoinvent.com). Cette base de données est actuellement en cours de révision pour intégrer des jeux de données nationaux relatifs, entre autres, à la gestion des déchets, la gestion des eaux usées, le mix énergétique et le transport ainsi que les 5 produits pilotes qui seront étudiés dans le cadre du projet PPPT.

2.2 Méthodologie générale selon la norme ISO

La méthodologie de l'ACV est standardisée à l'échelle internationale. Le standard choisi dans le cadre de cette étude est celui fixé dans la série des normes ISO 14'040. Celles-ci définissent 4 phases d'analyse :

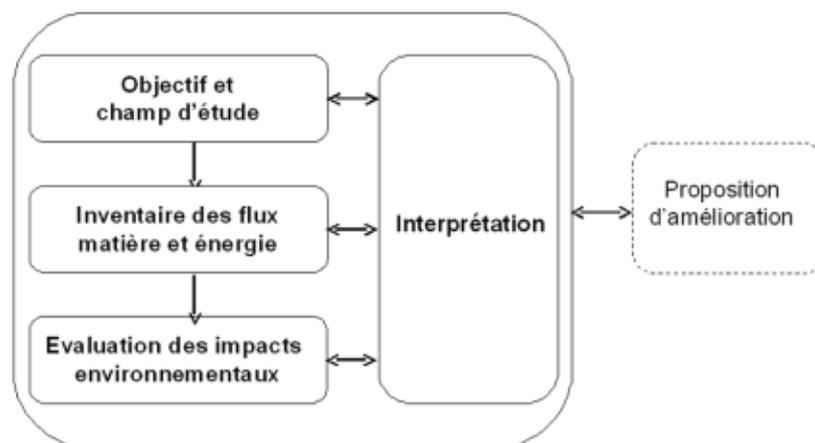


Figure 1 : Relation entre les différentes étapes du processus (ISO 14040)

L'ACV est une procédure standardisée, qui se base sur les quatre étapes définies dans les normes ISO 14'040 :

- 1. La définition des objectifs et de la portée de l'étude:** Il s'agit de clairement définir quelle est la problématique étudiée, quels scénarios sont considérés et les limites du système étudié. La fonction étudiée est définie au moyen de l'unité fonctionnelle, qui permet de comparer différents scénarios.
- 2. L'analyse de l'inventaire des émissions et des ressources utilisées,** qui permet de quantifier tous les intrants du système étudié (par exemple l'eau,

l'énergie, les engrais, les pesticides, etc.) ainsi que les sortants (CO₂, eaux usées, déchets de production, etc.).

- 3. L'évaluation de l'impact environnemental** qui permet de traduire l'inventaire en catégories d'impacts (par exemple changement climatique, écosystèmes, santé humaine, usage de ressources), voire même d'agréger l'impact en un score unique moyennant une pondération des catégories d'impacts. Les facteurs d'impacts ainsi que les catégories d'impacts dépendent de la méthode d'analyse des impacts environnementaux choisie.
- 4. L'interprétation des résultats** basée sur une démarche scientifique rigoureuse en langage commun. Elle permet de mettre en évidence quels sont les paramètres environnementaux clés de la problématique étudiée, de formuler des recommandations et d'établir une stratégie d'amélioration. Cette étape permet également d'affirmer certaines conclusions et de mettre en évidence les limites de l'analyse réalisée.

2.3 Méthode d'analyse des impacts environnementaux choisie

En matière d'ACV, une multitude d'impacts environnementaux peuvent être évalués par des indicateurs (effets sur l'acidification de l'atmosphère, effets sur la disparition de la couche d'ozone, etc.). Pour chaque impact environnemental, il existe plusieurs méthodes de calcul qui permettent de traduire les informations collectées lors de l'inventaire du cycle de vie en impacts sur l'environnement.

La méthode d'impact utilisée dans notre étude, pour évaluer les impacts environnementaux, est IMPACT 2002 +. La figure ci-dessous, donne une idée globale des étapes reliant les ICV aux catégories de dommage.

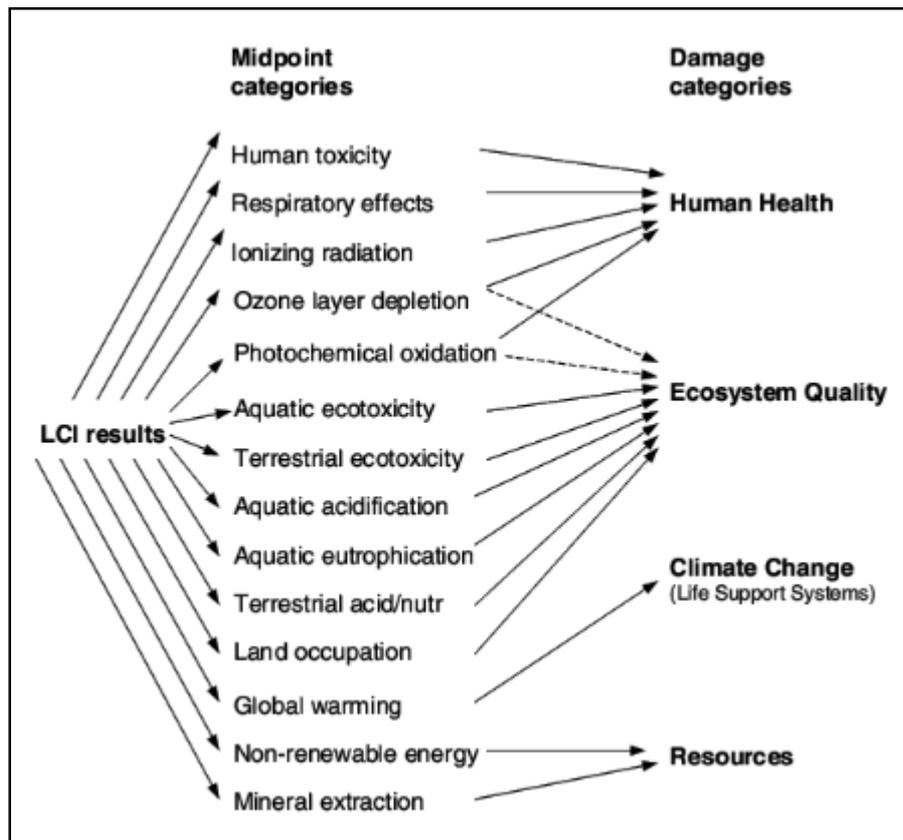


Figure 2 : Schéma général du cadre d'IMPACT 2002 +, reliant les résultats de l'inventaire du cycle de vie aux catégories de dommages (Jolliet et al. 2003)

Cette méthode d'impact permet de répartir les impacts intermédiaires dans quatre catégories de dommages (tableau 4) :

- **La santé humaine**, exprimée en DALY (Disability Adjusted Life Years ou années équivalentes de vie perdue). Il s'agit du décompte des années de vie perdues en raison de l'exposition à des polluants et produits toxiques;
- **La qualité des écosystèmes**, exprimée en PDF.m².an (Potentially Disappeared Fraction) qui correspond à la fraction d'espèce disparue sur un mètre carré sur un an;
- **Le changement climatique**, exprimé en kgCO₂-eq émis. Il s'agit de la somme des gaz à effet de serre (GES) ramenés à du CO₂;
- **L'utilisation des ressources**, qui regroupe les catégories intermédiaires de la consommation d'énergie primaire non renouvelable et des extractions de minerais et qui s'exprime en MJ (Mégajoule d'énergie utilisée). Cette catégorie

représente la quantité d'énergie extraite ou nécessaire pour l'extraction des ressources en tenant compte de la diminution de celles-ci (toujours plus d'énergie pour moins d'extraction pour les ressources non-renouvelables).

IMPACT2002+ permet d'agrèger et de classer un nombre important de données d'inventaire pour en faciliter l'analyse, sans utiliser de pondération non scientifique, d'où une identification et une quantification plus aisée des différents impacts environnementaux.

Dans cette étude, nous nous considérons les trois (3) catégories de dommages suivantes :

- Santé humaine (DALY);
- Qualité des écosystèmes (PDF.m².an);
- Changement climatique (kg CO₂-eq).

Les aspects qualitatifs des usages de l'eau sont déjà couverts dans la méthodologie IMPACT2002+ ((éco) toxicité, eutrophisation, acidification), mais la prise en compte de l'impact lié au stress hydrique n'est pas incluse dans cette méthodologie et a donc été évalué en complément (cf. figure 3). Pour cela, un inventaire détaillé des usages de l'eau a été d'abord effectué, incluant :

- ✓ Les prélèvements et rejets des eaux au sein du même bassin versant (qualité des eaux plus ou moins altérée);
- ✓ Eau consommée: pas de rejets de l'eau utilisée au sein de son bassin versant d'origine (eau évaporée, intégrée dans les produits finaux, ou eau transférée vers d'autres bassins versants ou vers la mer).

Dans cette étude, l'eau consommée a été quantifiée pour tous les processus inclus dans notre système, basée sur la base de données Quantis Water Database pour les processus génériques et sur des estimations de la quantité d'eau d'irrigation consommée pour les usages directs lors de la phase agricole.

La quantité d'eau d'irrigation consommée est calculée selon la formule suivante:

$$Q_c = Q_u \times (50\% \times (1 - E_c) + 100\% \times E_c \times E_a)$$

Avec :

Q_c : Quantité d'eau consommée en m^3 par pied par an;

Q_u : Quantité d'eau utilisée pour l'irrigation en m^3 par pied par an;

E_c : Efficacité d'acheminement de l'eau dans les canaux ou réseaux d'irrigation;

E_a : Efficacité d'application de l'eau au champ.

Etant signalé que l'efficacité d'acheminement, aussi bien pour la culture extensive que semi-intensive, est égale à 1; car l'acheminement se fait respectivement par citerne et par conduite d'irrigation.

Ainsi, les valeurs de l'efficacité d'application considérées pour les cultures extensive et semi-intensive sont égales respectivement à 0.6 et 0.9 (FAO (1989) *Irrigation Water Management, training manual n°. 4, Annex I: Irrigation efficiencies : Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/T7202E/t7202e08.htm>).*

La prise en compte de l'usage de l'eau en ACV est illustrée par la figure ci-dessous (figure 3).

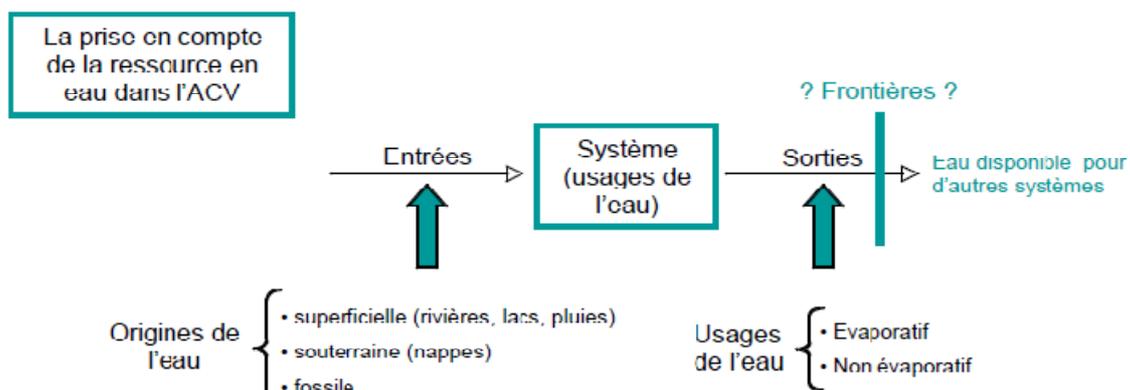


Figure 3 : Définitions des origines et des usages de l'eau dans un système de production (à partir de Mila i Canals et al 2009)

Après avoir effectué l'inventaire des usages de l'eau qui comprend l'eau en entrée et en sortie de chaque procédé compris dans notre système, nous avons appliqué la méthode d'impact «Pfister et al (2009)» qui quantifie l'impact lié au stress hydrique. Cette méthode constitue l'une des approches les plus communément utilisées pour la quantification des impacts associés au stress hydrique, induit par l'eau consommée. Cette méthode d'impact repose principalement sur l'indicateur «Index de stress hydrique (ou Water Stress Index, WSI)», utilisé comme facteur de caractérisation. Ce facteur de caractérisation est calculé à partir d'un ratio d'eau prélevée sur l'eau disponible dans une unité géographique, adapté afin de tenir compte des variations de précipitations annuelles et mensuelles, et des ouvrages présents localement ayant pour but le stockage de l'eau (barrages). Les facteurs de caractérisation régionaux de Pfister et al. (2009) ont ensuite été appliqués dans le logiciel Quantis SUITE sur l'inventaire d'eau consommée pour générer le score d'impact en Leq.

3 DEFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP DE L'ETUDE

3.1 Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectifs de :

- Evaluer l'impact environnemental généré par l'activité de production d'huile d'olive biologique vierge extra au sein de l'huilerie HMT;
- Comparer deux conduites de conduites culturales : extensif et semi-intensif;
- Comparer deux procédés de trituration : chaîne continue 2 phases et chaîne continue 3 phases.

A l'issue de cette étude, l'entreprise aura la possibilité de communiquer sur ses performances environnementales et de valoriser son produit à différentes échelles (business to business ou business to consumer), et ce, en respectant les règles de communication des résultats de l'étude ACV mentionnées dans la norme ISO14'040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre.

Egalement, et à l'échelle nationale, les résultats des ACV pourraient accompagner la définition des critères techniques et écologiques des écolabels et/ou de les affiner

afin de les adapter au mieux aux enjeux et au contexte tunisien, ainsi que la révision des réglementations et politiques sectorielles existantes. Ainsi, l'entreprise qui bénéficie d'une ACV pour un de ses produits pourra donc anticiper les changements réglementaires et bénéficier d'une longueur d'avance en vue d'une éventuelle écolabellisation.

3.2 Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle constitue une référence à laquelle tous les intrants (les consommations des ressources et d'énergie) et les extrants (les émissions dans l'air, dans l'eau et dans le sol) seront rapportés. Cette référence est nécessaire pour assurer la comparabilité des résultats d'une analyse du cycle de vie.

Dans notre cas, l'unité fonctionnelle choisie est : 1 L en vrac d'huile d'olive biologique vierge extra prêt à la consommation et/ou à la vente pour les conditionneurs.

La qualité d'huile d'olive vierge extra est définie au niveau national par l'arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises, du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques et du ministre de la santé publique du 26 mai 2008. Cet arrêté définit l'huile d'olive vierge extra comme étant une huile obtenue du fruit de l'olivier uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions, notamment thermiques, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

Au niveau international, l'huile d'olive vierge extra est définie par le Conseil Oléicole International (COI). Les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques d'une huile d'olive vierge extra sont définies dans le tableau figurant à l'10.1 Annexe 1- Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'olive vierge extra.

Le mode de production biologique est défini par l'arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques du 3 décembre 2005.

3.3 Frontières et étapes du système

Le système étudié est schématisé en synoptique par la figure ci-dessous.

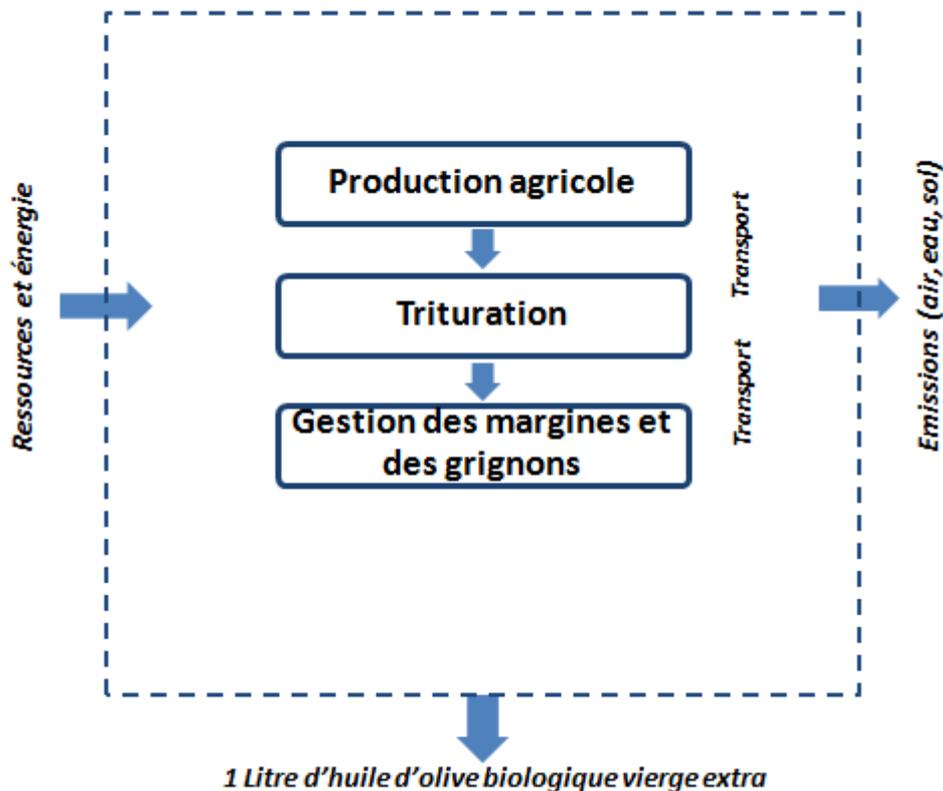


Figure 4 : Limites du système d'étude

Les principales étapes du système étudié sont décrites comme suit :

- **La phase agricole** : c'est la culture des oliviers. Cette phase est elle-même décomposée en cinq étapes. La première comprend la plantation de l'arbre et sa croissance pendant la phase juvénile où l'arbre ne produit pas de fruits (les 5 premières années pour la conduite semi-intensive et les 10 premières années pour la conduite extensive). La deuxième comprend la croissance de l'arbre où elle produit une faible quantité de fruits. La troisième comprend la phase adulte où l'arbre est en pleine production. La quatrième est la phase de vieillissement de l'arbre où la production connaît un déclin. La dernière phase est la fin de vie de l'arbre.
- **La phase de transport**: c'est le transport de la récolte du lieu de production (champs de Ghraiba et de Meknessi) vers l'unité de trituration d'huile d'olive (Huilerie HMT à Sfax) en camion d'une charge utile de 8 tonnes.

- **La phase de trituration** : c'est la phase d'extraction d'huile d'olive (biologique vierge extra) à partir de la production de l'oliveraie de Ghraiba et Meknessi. Cette étape est elle-même décomposée en huit sous-phases : réception et stockage des olives (dans des caisses de capacité 20 kg), effeuillage, lavage, broyage, malaxage, décantation, séparation, stockage d'huile.
- **La phase de gestion des eaux usées et des sous-produits de trituration** : c'est la phase de gestion des sous-produits générés au cours de la phase de trituration (margine et grignon), ainsi que la gestion des eaux usées issues principalement des opérations de lavage des olives et des équipements.

Les étapes liées au conditionnement, à la vente ainsi que le transport à l'étranger ne sont pas incluses dans les limites du système étudié.

Les différentes étapes du système étudié sont représentées graphiquement par la figure ci-dessous (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

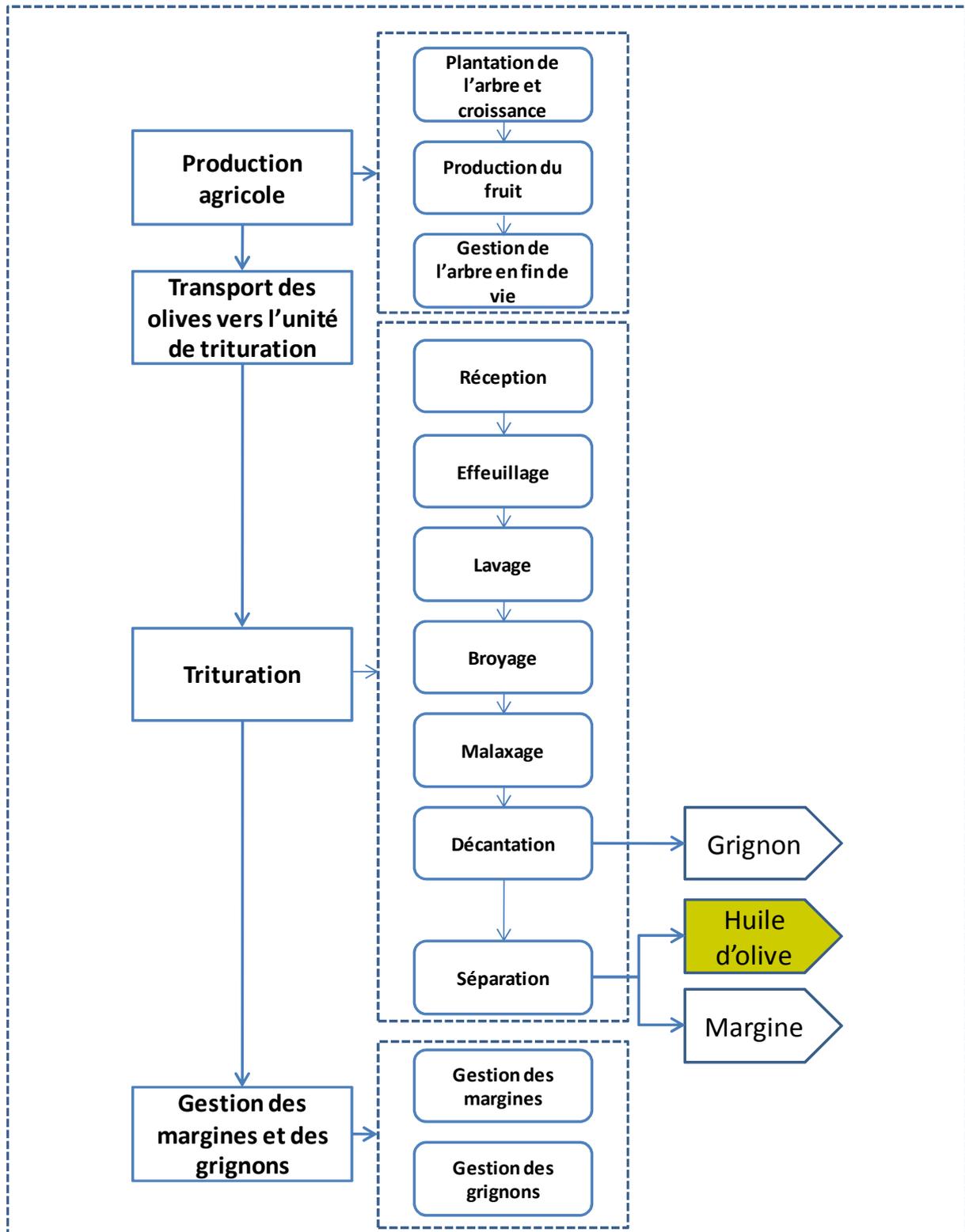


Figure 5: Différentes étapes du système

3.4 Différents scénarios étudiés

Les scénarios à étudier diffèrent les uns des autres par l'un au moins des 4 paramètres suivants :

- La conduite culturale : extensive ou semi-intensive;
- Le procédé de trituration appliqué : chaîne continue 2 phases ou chaîne continue 3 phases;
- Le mode de gestion des margines;
- Le mode de gestion des grignons : dénoyautage ou vente pour les extracteurs d'huile de grignon.

En tenant compte de ces différents paramètres et afin de répondre aux objectifs de l'étude, les trois scénarios indiqués dans le tableau suivant seront considérés :

Tableau 1 : Différents scénarios étudiés

Scénario	Conduite culturale	Procédé de trituration	Mode de gestion des margines	Mode de gestion des grignons
1	Extensive	2 phases	Stockage et transport vers la décharge de margine	Stockage et dénoyautage
2	Extensive	3 phases	Stockage et transport vers la décharge de margine	Stockage et transport vers l'usine d'extraction d'huile de grignon
3	Semi-intensive	2 phases	Stockage et transport vers la décharge de margine	Stockage et dénoyautage

En effet :

- Le scénario 1 correspond à la situation actuelle de l'entreprise;
- Le scénario 2 correspond à l'ancienne situation de l'entreprise;
- Le scénario 3 correspond à la situation projetée de l'entreprise.

3.5 Règle d'allocation entre les différents coproduits

Le procédé de production d'huile d'olive vierge extra génère un grand nombre de coproduits valorisables. Il est par conséquent nécessaire de répartir les impacts environnementaux entre le produit «huile d'olive vierge extra» qui est l'objet de notre étude et les autres coproduits. Les coproduits auxquels doivent être affectés une partie des impacts ont généralement une valeur marchande.

Un déchet est défini que ce soit au niveau national par la Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination ou au niveau international par la Directive européenne 2008/98/CE, comme étant : *« toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire »*.

La même Directive 2008/98/CE stipule en effet qu' « une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production dudit bien, est considéré comme coproduit au sens de l'article 3, point 1, de ladite Directive que si les conditions suivantes sont remplies :

- a) l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ;
- b) la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ;
- c) la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production ;
- d) l'utilisation ultérieure est légale, c'est-à-dire que la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions pertinentes relatives au produit, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation spécifique et n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine. »

Si un flux de production ne satisfait pas au moins l'un de ces 4 critères, alors il devrait être considéré comme un déchet indépendamment de toute considération sur sa valeur économique. Dès lors que suffisamment d'éléments convergent pour justifier qu'un flux satisfait à ces 4 critères, alors il convient de le considérer comme un coproduit.

A la lumière de ce qui précède, les principaux coproduits accompagnant l'activité de production d'huile d'olive vierge extra et qui seront considérés dans le périmètre de notre étude sont :

- L'huile d'olive lampante ;
- Les grignons secs dans le cas d'un procédé de trituration à 3 phases ;
- Les pulpes et les noyaux (après dénoyautage des grignons humides) dans le cas d'un procédé de trituration à 2 phases ;
- Les déchets de taille des oliviers ;
- Le bois des arbres en fin de leur vie.

3.6 Valorisation des coproduits

Le mode de valorisation de ces différents coproduits varie d'un coproduit à l'autre et que ce soit à l'intérieur du système d'étude ou ailleurs (valorisation interne ou externe) :

- a) L'huile d'olive lampante : cette huile est vendue pour les unités de raffinage d'huile d'olive afin qu'elle subisse des traitements physico-chimiques de raffinage les rendant au final comestible. Le prix moyen de vente de cette huile lampante est de 3.8 DT/L contre un prix moyen de vente d'huile vierge extra de 5 DT/L, soit une valeur marchande de 76% de celle d'huile vierge extra.
- b) Les grignons secs : sont produits dans le cas d'adoption d'un procédé de trituration à trois phases. Une faible quantité (7.5%) est valorisée en interne comme combustible pour la chaudière pour la production de l'eau chaude utilisée au niveau de la trituration (opération de malaxage). Le reste de la quantité produite est vendu pour les unités d'extraction d'huile de grignon. Au sein de ces unités, les grignons subissent divers traitements physico-chimiques (séchage, extraction d'huile, raffinage) donnant naissance à 2 produits : les grignons épuisés qui ont une valeur énergétique élevée, dont une partie est utilisée en interne comme source d'énergie et le reste est vendu comme combustible, et l'huile de grignon qui peut subir 2 conduites de valorisation possibles en fonction de son degré d'acidité. Pour une acidité inférieure à 25%, cette huile est raffinée afin qu'elle soit au final comestible.

Pour une acidité supérieure à 25%, cette huile est intégrée dans le procédé de production du savon. Dans notre cas d'étude, nous supposons que 70% de l'huile de grignon produite est raffinée et 30% sont valorisés dans la production du savon. Le prix moyen de vente des grignons secs est de 30 DT/Tonne.

- c) Les pulpes et les noyaux: ces coproduits sont générés, après dénoyautage des grignons humides, dans le cas d'adoption d'un procédé de trituration à 2 phases. Pour les noyaux, 18.8% sont valorisés en interne comme combustible pour la chaudière pour la production de l'eau chaude utilisée au niveau de la trituration (opération de malaxage). Le reste de la quantité produite est vendu ailleurs, pour servir comme combustible, à un prix moyen de 220 DT/Tonne. Pour les pulpes, elles sont valorisées dans la production du compost dont une partie est utilisée en interne pour la fertilisation du sol de l'oliveraie et l'autre partie est vendue (65.9% pour le scénario 1 et 36.6% pour le scénario 3).
- d) Les déchets de taille des oliviers : les déchets de taille sont constitués de 70% du bois et de 30% de feuilles et brindilles. Ces dernières sont valorisées en externe comme aliment pour le bétail. Selon [Nefzaoui A., \(1991, valorisation des sous produits de l'olivier\)](#) les feuilles, les brindilles et les rameaux ont une valeur alimentaire équivalente à celle du foin. Quant aux déchets de bois, ils sont valorisés comme combustible à hauteur de 50%.
- e) Le bois des arbres en fin de leur vie : à la fin de leur vie, les arbres seront arrachés. Nous estimons que 80% du bois est valorisé en externe pour la production du charbon qui est utilisé comme source d'énergie en substitution du gaz naturel et que 20% sont valorisés dans la menuiserie.

3.6.1 Facteurs d'allocation :

Compte tenu de la diversité des fonctions des coproduits (valorisation énergétique des grignons et des noyaux, valorisation agricole des pulpes, valorisation des déchets de taille comme aliment pour le bétail, valorisation énergétique et en menuiserie du bois, etc.), nous avons opté pour une allocation financière appliquée uniquement pour les coproduits de trituration qui sont considérés avec une vraie valeur marchande et qui ne sont pas recyclés en interne : huiles lampante, grignons

secs, noyaux issus des grignons humides. Il s'agit d'affecter une part des impacts à ces coproduits proportionnellement à leurs valeurs marchandes spécifiques. Cependant, dans le cadre de cette étude, l'allocation sera appliquée uniquement pour l'huile lampante puisque les impacts environnementaux relatifs aux autres coproduits (noyaux et des grignons) seront évalués directement en se basant sur l'inventaire de leurs cycles de vie. Concernant la valorisation externe des coproduits (déchets de taille, noyaux, pulpe, grignons, bois de l'olivier en fin de vie), nous avons opté pour une allocation 50/50 qui signifie que 50% des impacts et des bénéfices environnementaux sont imputés sur le système d'étude et que les autres 50% sont imputés sur le lieu d'utilisation externe du coproduit.

Quant à la valorisation interne des coproduits (recyclage en interne, tels que les cas d'une partie des noyaux, une partie du compost produit à partir des pulpes et une fraction des grignons secs issus du procédé 3 phases), les «bénéfices environnementaux» y associés ne seront pas considérés.

Le facteur d'allocation d'un coproduit « i » est calculé selon la formule suivante :

$$F_a^i = (V_e^i \times Q_i) / \sum_i (V_e^i \times Q_i)$$

F_a^i : Facteur d'allocation pour le coproduit « i »;

V_e^i : Valeur économique du coproduit « i » en DT;

Q_i : Quantité du coproduit « i » en kg.

Les facteurs d'allocation sont calculés en fonction de chaque scénario et sont présentés par le tableau suivant :

Tableau 2 : Calcul des facteurs d'allocation financière

Scénario 1 : culture extensive et procédé de trituration à 2 phases			
	Quantité (Q_i)	Valeur économique (V_e^i)	Facteur d'allocation (F_a^i)
Olive	1 Tonne	-	-
Huile vierge extra	128.31 kg	5 DT/L, soit : 5.46 DT/kg	70,96%
Huile lampante	69.09 kg	3.8 DT/L, soit : 4.15 DT/kg	29,04%
Grignon	796 kg	-	-
Noyaux produits	159.2 kg	-	-
Noyaux vendus	144.2 kg	220 DT/Tonne	0%
Scénario 2 : culture extensive et procédé de trituration à 3 phases			
	Quantité (Q_i)	Valeur économique (V_e^i)	Facteur d'allocation (F_a^i)
Olive	1 Tonne	-	-
Huile vierge extra	128.31 kg	5 DT/L, soit : 5.46 DT/kg	70,96%
Huile lampante	69.09 kg	3.8 DT/L, soit : 4.15 DT/kg	29,04%
Grignons produits	400 kg	-	-
Grignons vendus	370 kg	30 DT/Tonne	0%
Scénario 3 : culture semi-intensive et procédé de trituration à 2 phases			
	Quantité (Q_i)	Valeur économique (V_e^i)	Facteur d'allocation (F_a^i)
Olive	1 Tonne	-	-
Huile vierge extra	157.92 kg	5 DT/L, soit : 5.46 DT/kg	84,03%
Huile lampante	39.48 kg	3.8 DT/L, soit : 4.15 DT/kg	15,97%
Noyaux	144.2 kg	220 DT/Tonne	0%

Afin d'évaluer les impacts environnementaux afférents au produit étudié «huile d'olive biologique vierge extra», les différentes consommations et les charges environnementales seront, selon le scénario étudié, multipliées par les facteurs d'allocation spécifiques.

4 ANALYSE DE L'INVENTAIRE

4.1 Production agricole

4.1.1 Données de base

Les données relatives à la production agricole sont récapitulées dans l'annexe 2.

4.1.2 Diagramme des flux

- i) Conduite culturale extensive

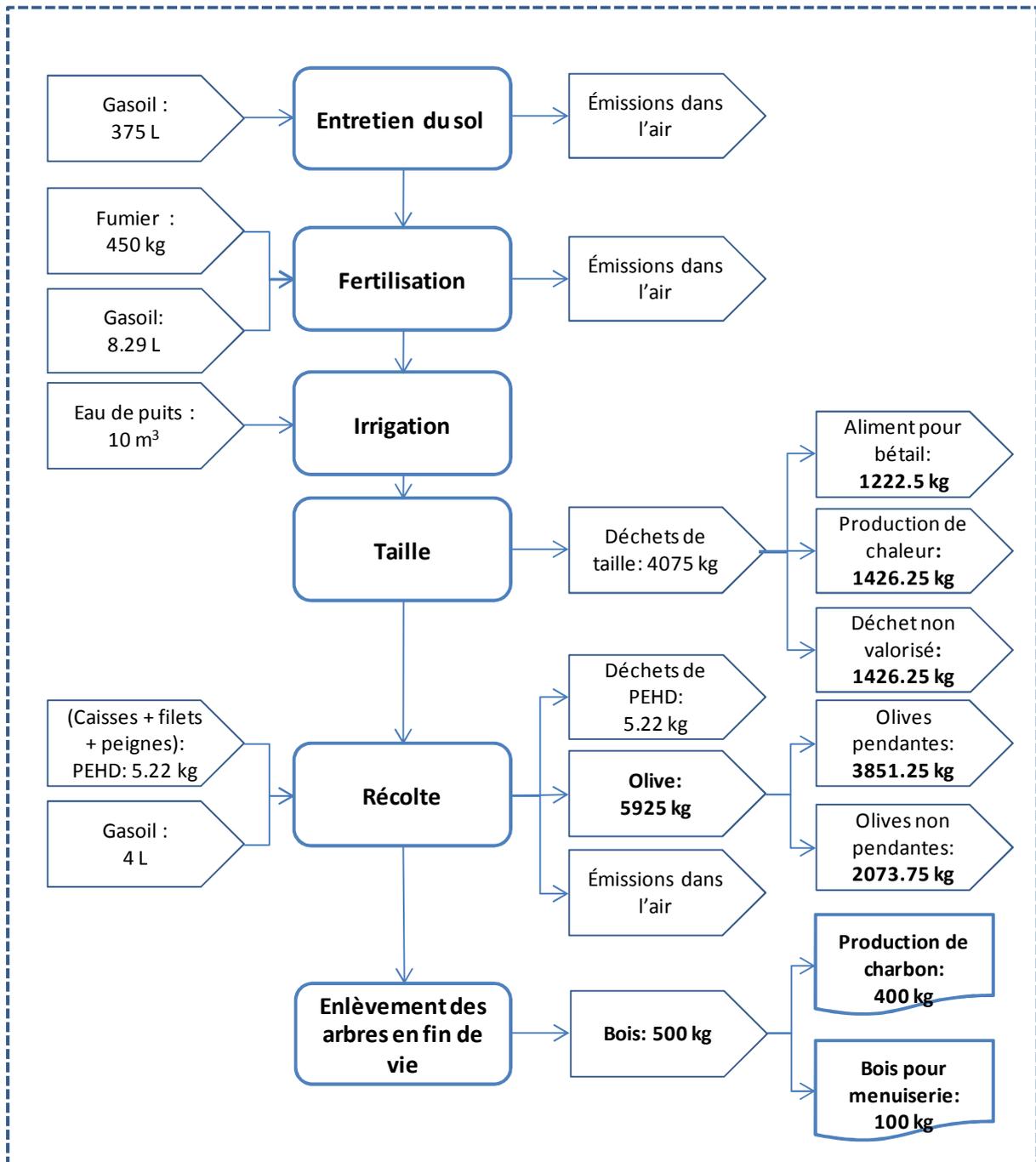


Figure 6 : Diagramme des flux de la conduite culturale extensive (par pied)

ii) Conduite culturale semi intensive

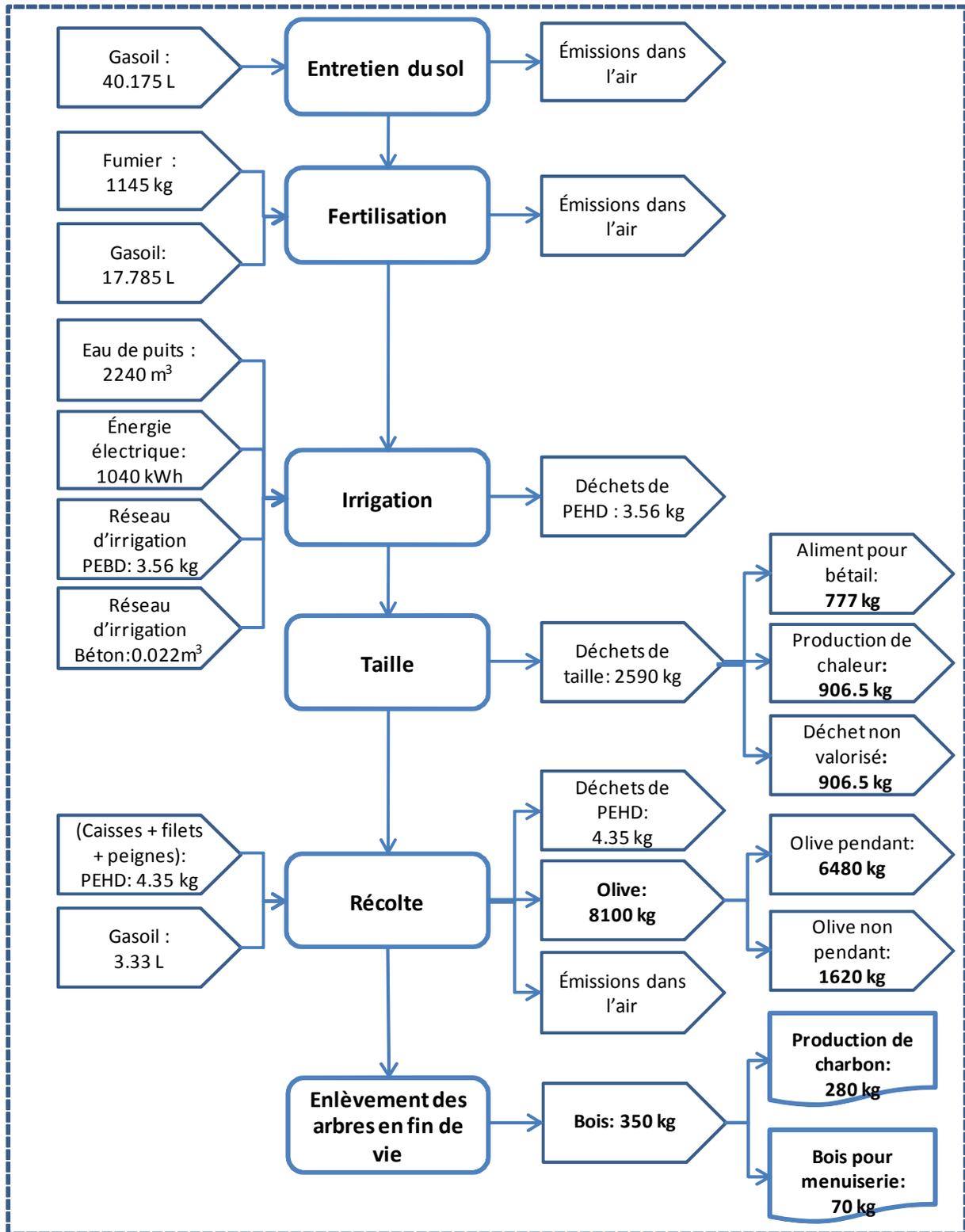


Figure 7 : Diagramme des flux de la conduite culturale semi-intensive (par pied)

4.2 Trituration

4.2.1 Données de base

Les données relatives à la phase de trituration sont récapitulées dans l'annexe 4.

4.2.2 Diagramme des flux

i) Chaîne continue 2 phases

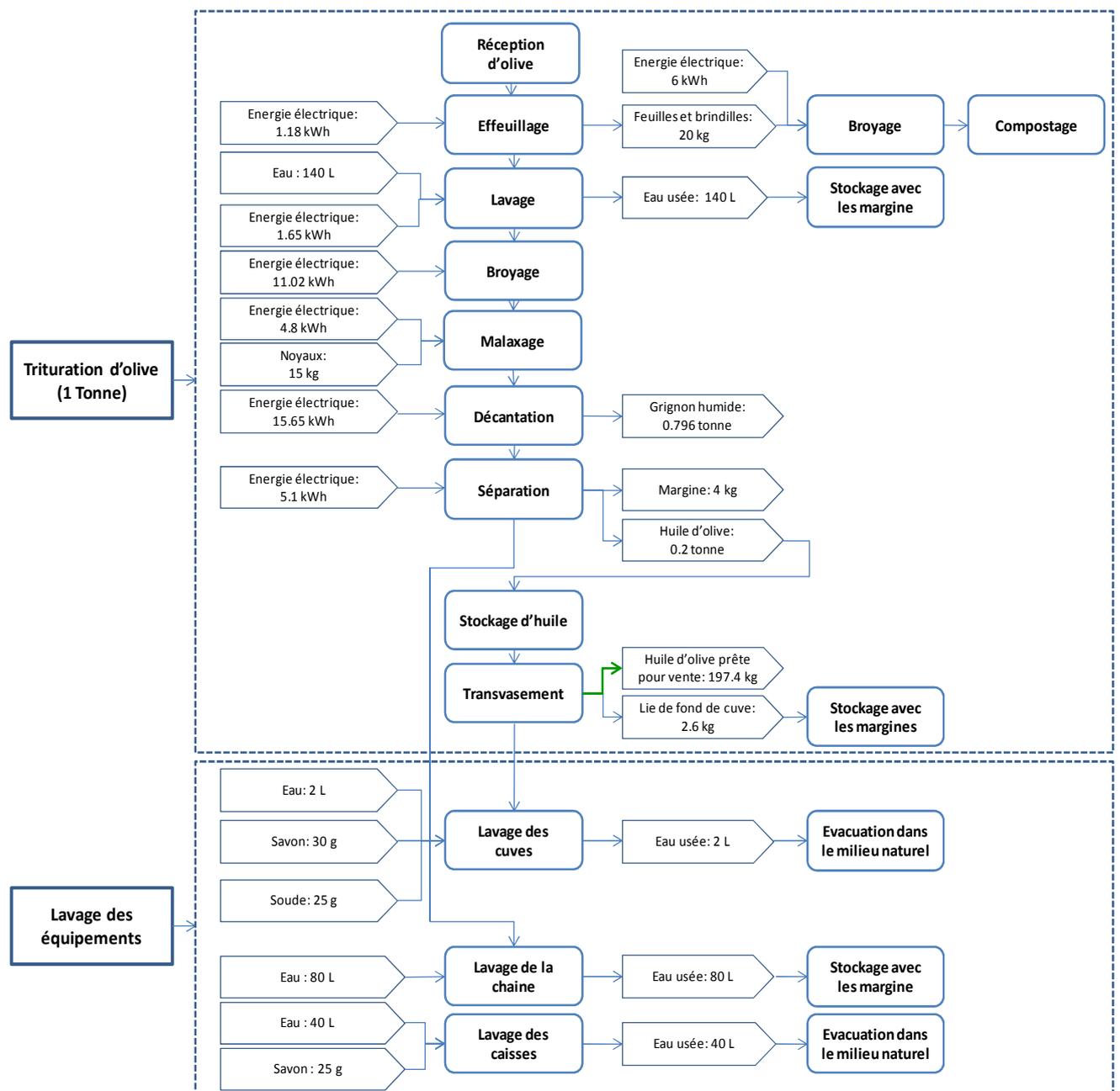


Figure 8 : Diagramme des flux de la trituration- chaîne continue 2 phases

ii) Chaîne continue 3 phases

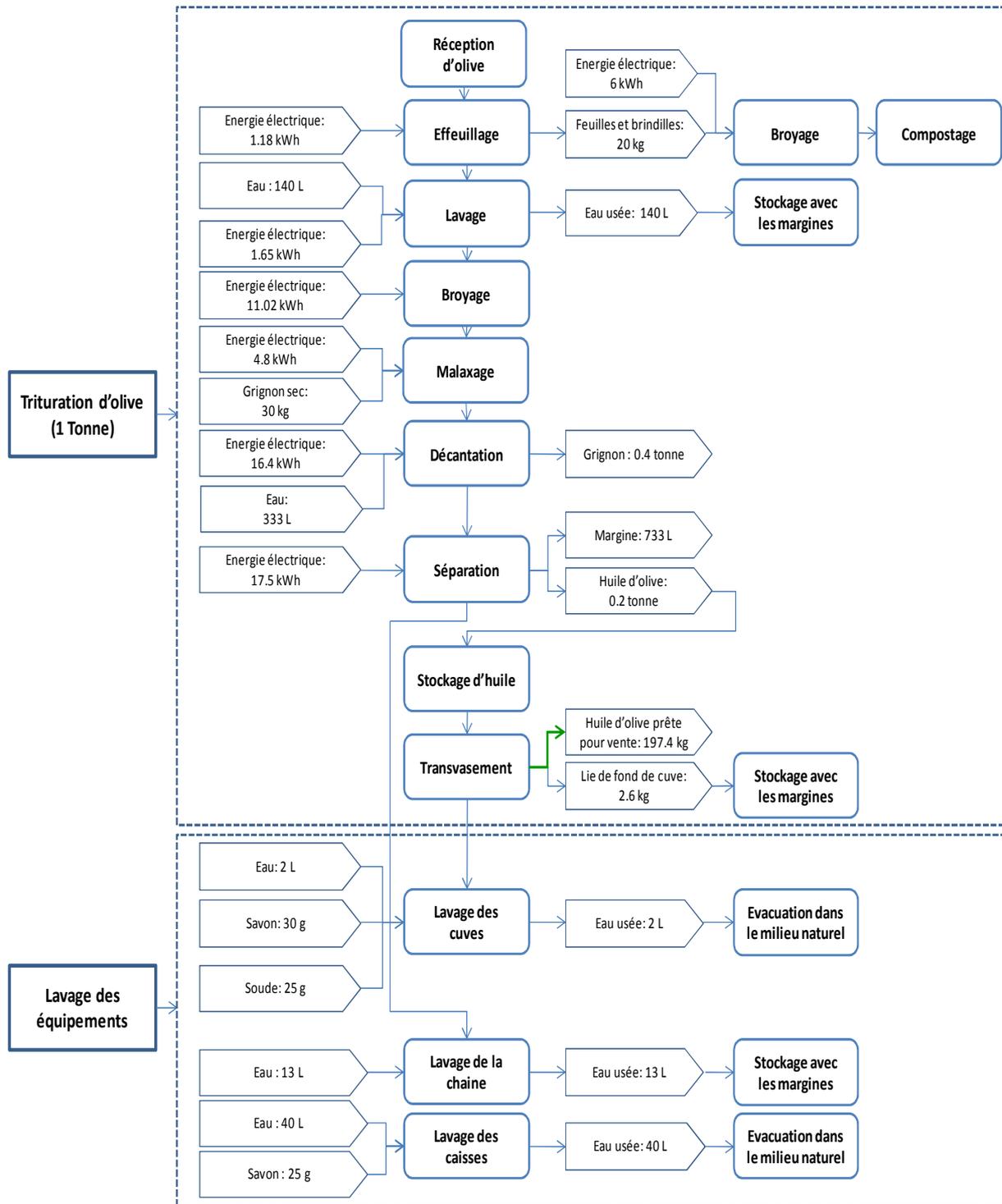


Figure 9 : Diagramme des flux de la trituration- chaîne continue 3 phases

4.3 Gestion des grignons humides

4.3.1 Données de base

Les données de base de la gestion des grignons humides sont reportées dans l'annexe 5.

4.3.1 Diagramme des flux

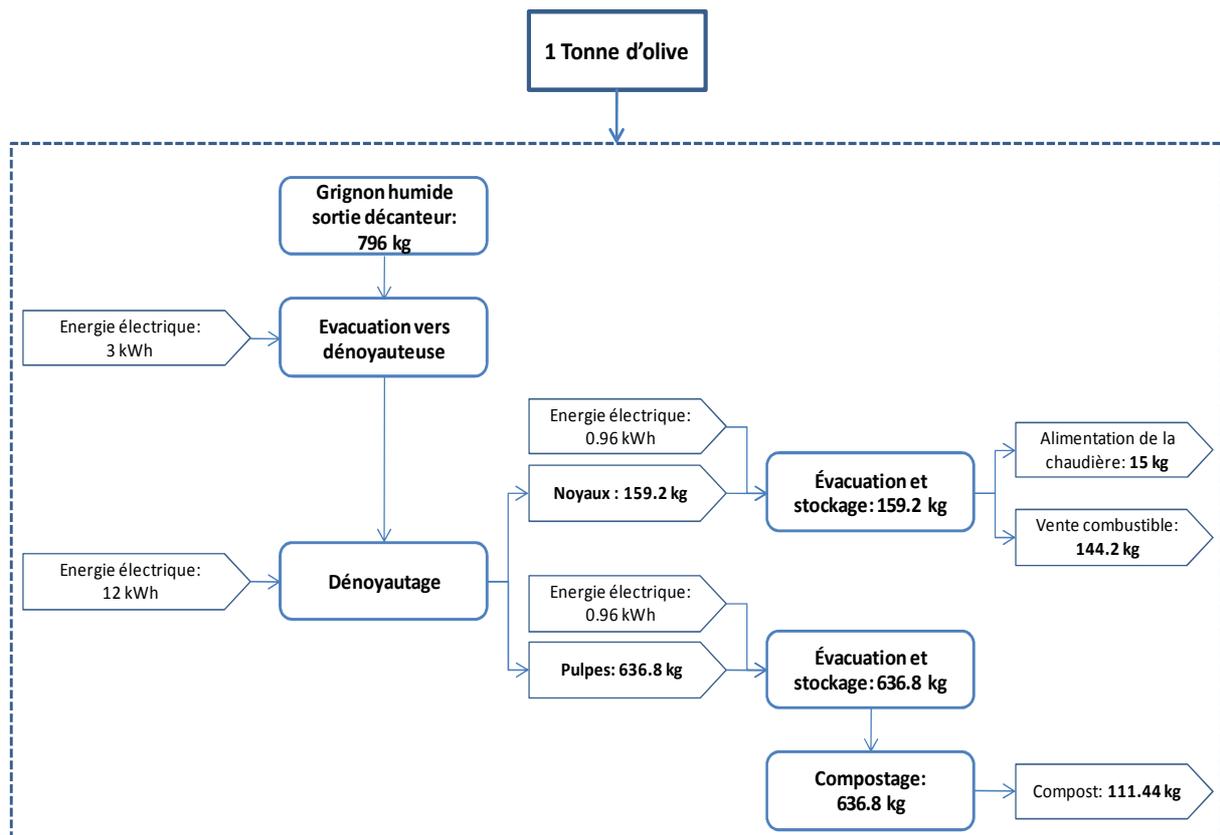


Figure 10 : Diagramme des flux de la gestion du grignon humide

4.4 Gestion des grignons secs

4.4.1 Données de base

Les données de base relatives à la gestion des grignons secs sont reportées dans l'annexe 6.

4.4.2 Diagramme des flux

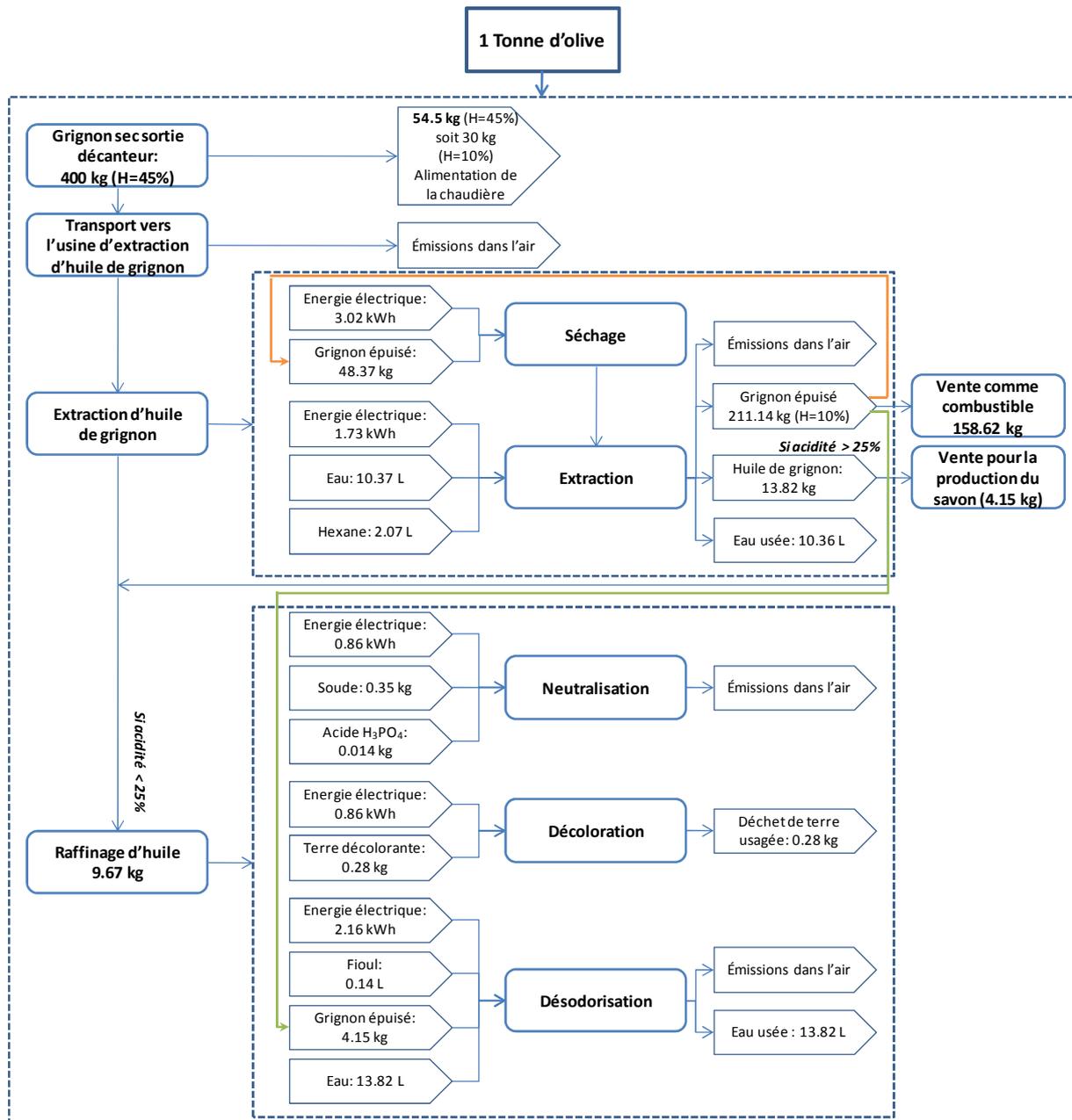


Figure 11 : Diagramme des flux de la gestion du grignon issu de 3 phases

4.5 Gestion des margines

4.5.1 Données de base

Les données de bases relatives à la gestion des margines sont reportées dans l'annexe 7.

4.5.2 Diagramme des flux

i) Margine issue du procédé 2 phases

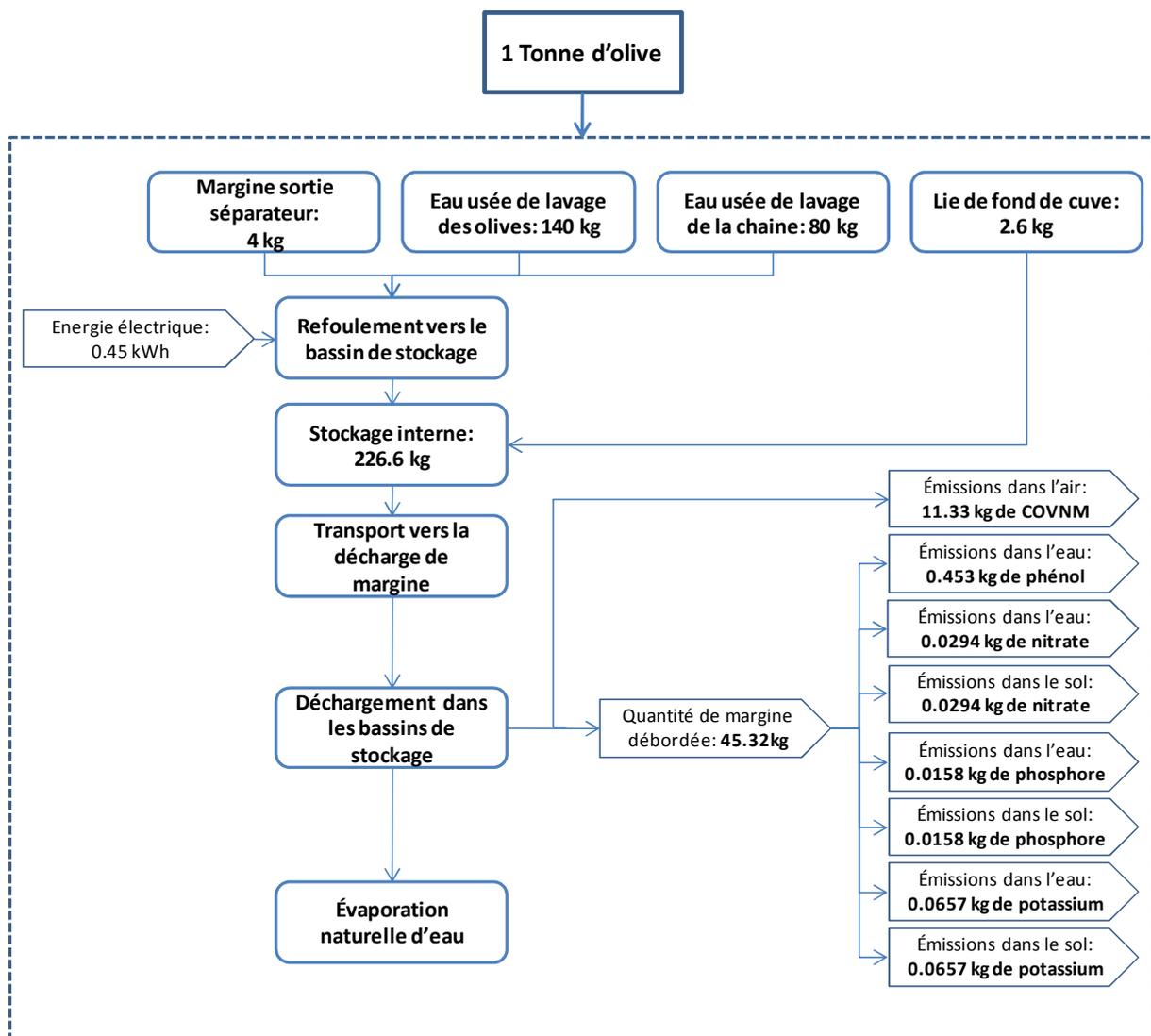


Figure 12 : Diagramme des flux de la gestion des margines issues du procédé 2 phases

ii) Margine issue du procédé 3 phases

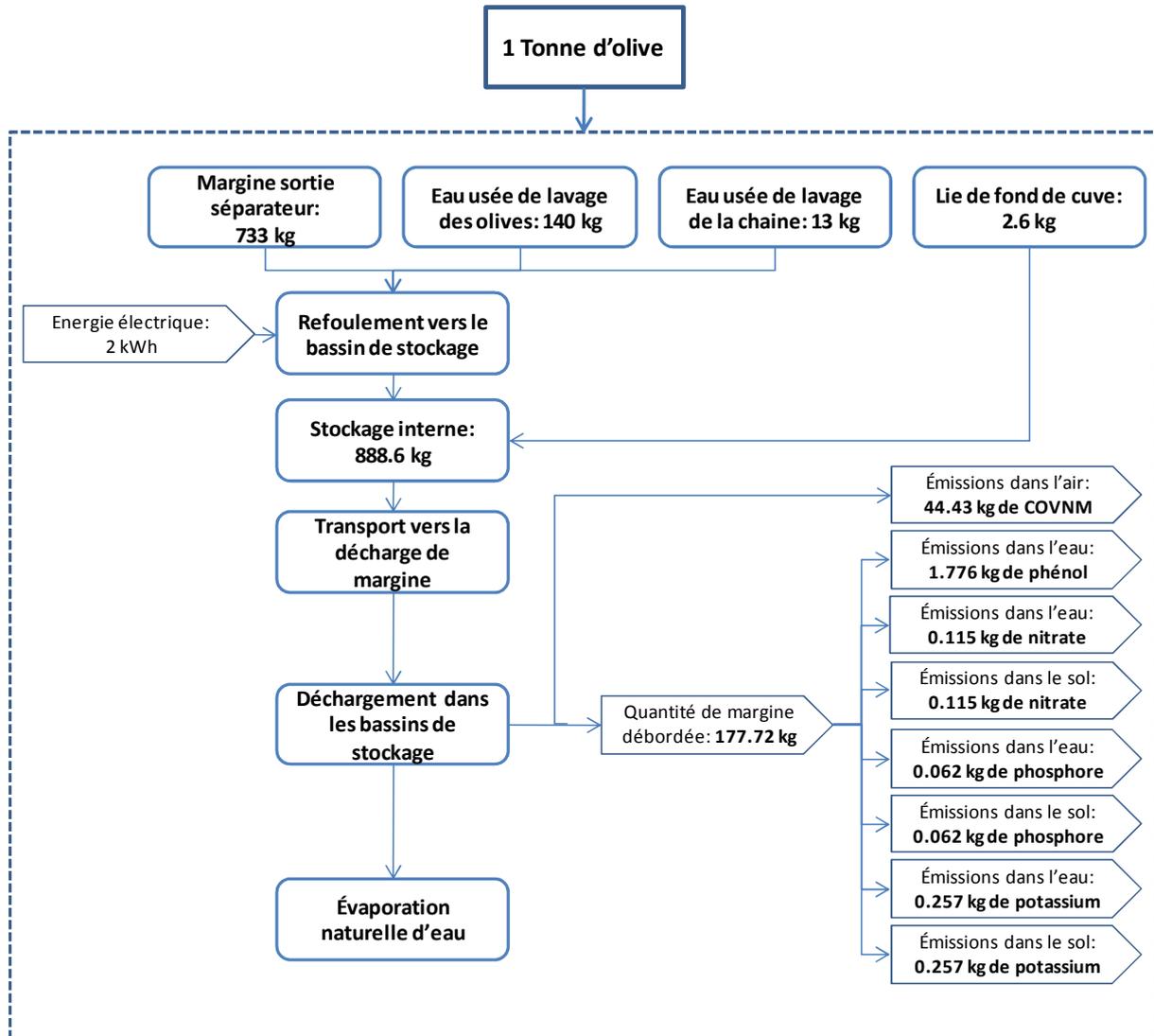


Figure 13 : Diagramme des flux de la gestion des margines issues du procédé 3 phases

5 EVALUATION DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES

5.1 Vue d'ensemble du scénario 1

L'analyse environnementale du scénario 1 représentant la situation actuelle de l'entreprise HMT (culture extensive et trituration à 2 phases), selon les catégories de dommage (changement climatique, qualité des écosystèmes, santé humaine, eau consommée et index de stress hydrique) est illustrée par la figure 14.

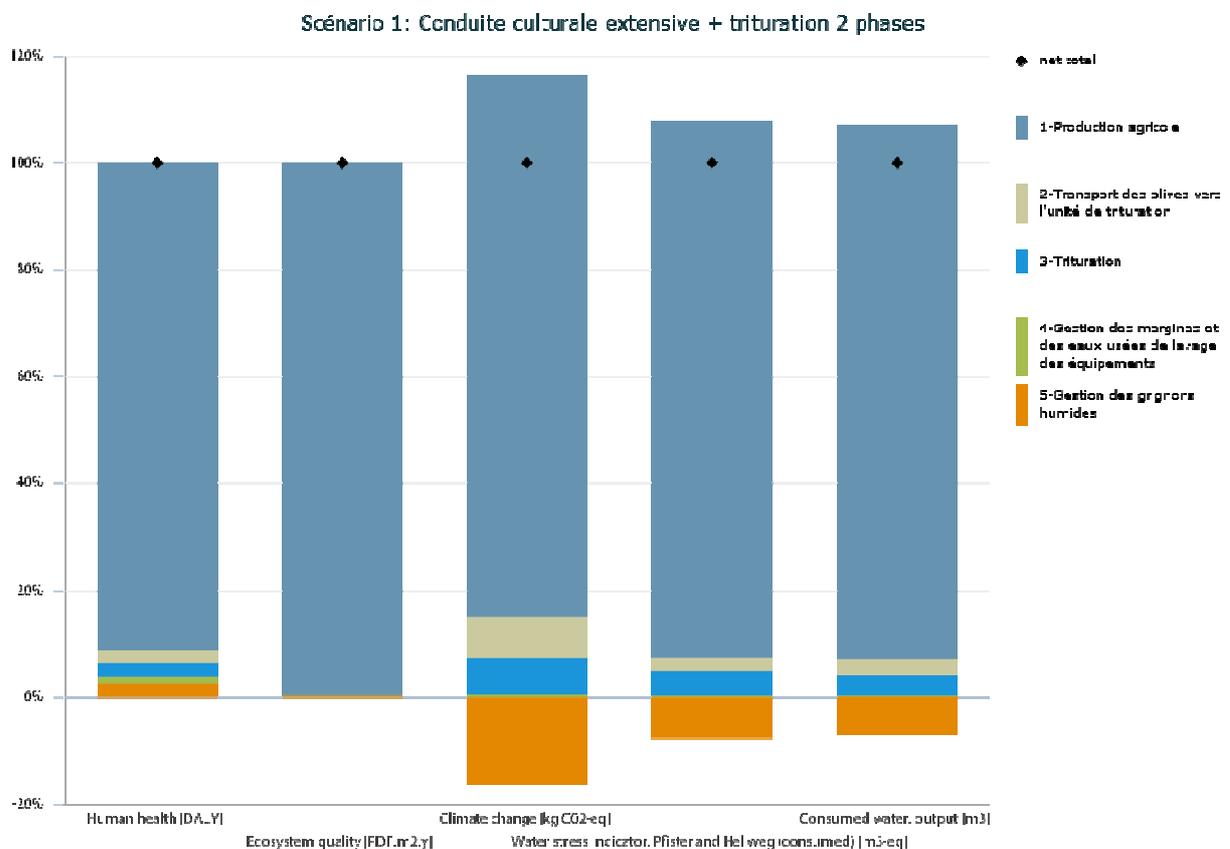


Figure 14 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 1

La figure 14 montre que la phase de production agricole du scénario 1 (conduite culturale extensive) génère le plus d'impacts environnementaux pour l'ensemble des catégories de dommage changement climatique, santé humaine, qualité des écosystèmes, eau consommée et index de stress hydrique, représentant respectivement 87%, 91%, 99%, 93%et 93% de l'impact global.

Par ailleurs, la phase de trituration, le transport des olives vers l'unité de trituration, la gestion des margines ne représentent qu'une part faible voire négligeable des impacts environnementaux en comparaison avec les impacts afférents à la phase agricole.

La phase gestion des grignons humides génère des bénéfices environnementaux nets pour les catégories de dommage changement climatique et eau consommée. Cette phase permet d'éviter l'émission de 0.4 kgCO₂-eq et 1.6 10⁻³ m³ d'eau consommée par litre d'huile d'olive vierge extra.

En effet, la gestion des grignons humides comprend la vente des noyaux comme combustibles ce qui permet de substituer l'utilisation d'une quantité énergétiquement équivalente de fuel lourd, évitant ainsi les impacts dus à la production et à l'utilisation de ce dernier notamment pour la catégorie de dommage changement climatique. En outre, cette phase comprend la valorisation de la pulpe pour la production du compost ce qui permet la substitution d'une quantité équivalente (en terme d'éléments nutritifs) d'engrais chimiques, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ces derniers et notamment pour la catégorie de dommage eau consommée.

Une analyse plus détaillée de la phase agricole est illustrée par la figure 15.

Scénario 1: Conduite culturale extensive + trituration 2 phases, details of 1-Production agricole

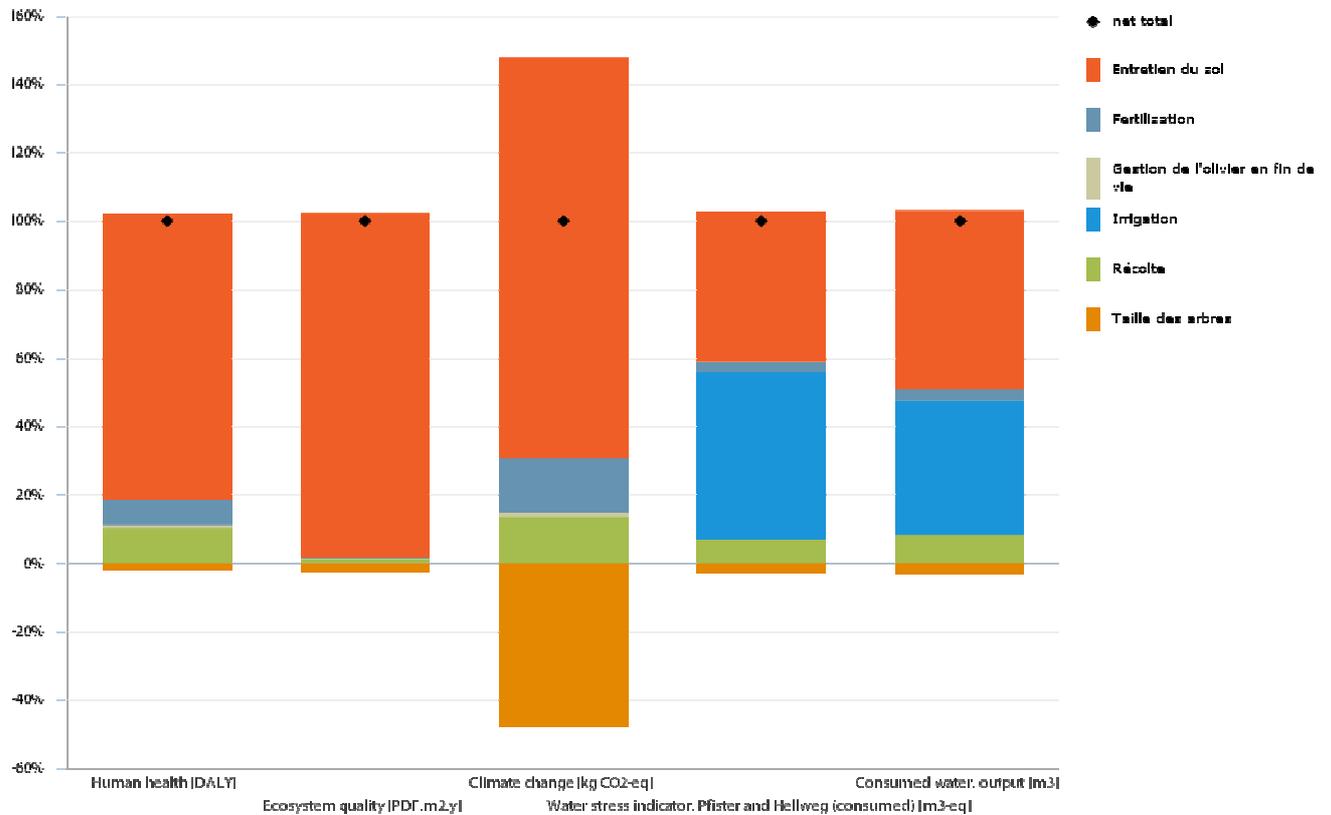


Figure 15 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture extensive) -Scénario 1

Il ressort dans la figure ci-dessus que la part la plus importante de l'impact environnemental de la phase agricole pour les catégories de dommage santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique, est générée par l'entretien du sol.

En effet, cette phase est mécanisée via l'utilisation de tracteurs à raison de six (6) passages par an générant ainsi des émissions de CO₂ et de particules fines dans l'air qui contribuent au changement climatique et aux effets respiratoires nocifs pour la santé humaine. Ainsi, cette activité génère 2.8 kg CO₂-eq, soit 79% des émissions totales de CO₂ de la phase agricole et génère 5.2 10⁻⁶ DALY, soit 82% de l'impact global de la phase agricole sur la santé humaine.

En outre, cette activité est à l'origine de 88.6 PDF.m².an, soit 98% de l'impact global de la phase agricole sur la qualité des écosystèmes. Cet impact est dû

principalement à l'occupation du sol par les oliviers sur une superficie de 410 ha, soit l'équivalent de 75 m²/an par litre «d'huile d'olive vierge extra» produite.

Pour l'indicateur eau consommée, l'irrigation et l'entretien du sol génèrent la grande partie de l'impact environnemental de la phase agricole. En effet, l'irrigation requiert l'utilisation directe et indirecte de 5.1 10⁻³ m³ d'eau consommée; représentant 38% de l'impact global de la phase agricole. Cet impact est dû à l'utilisation de l'eau de puits pour l'irrigation. L'entretien du sol induit l'utilisation indirecte de 6.9 10⁻³ m³ d'eau consommée, soit 51% de l'impact global de la phase agricole pour la catégorie de dommage eau consommée. Cet impact indirect remonte principalement à la consommation d'eau pour la production du combustible et de la machinerie utilisés pour l'entretien du sol.

Par ailleurs, la valorisation des déchets de taille des oliviers génère un bénéfice environnemental notamment pour la catégorie de dommage changement climatique en évitant l'émission de 1.16 kg de CO₂-eq qui représente 32% de l'impact cumulé des autres activités de la phase agricole (entretien du sol, fertilisation, irrigation et récolte) sur le changement climatique. En effet, cette activité comprend la valorisation d'une fraction du bois contenue dans les déchets de taille comme combustible substituant une quantité équivalente de charbon de bois et évitant ainsi les émissions correspondantes à la combustion du charbon.

5.2 Vue d'ensemble du scénario 2

L'analyse environnementale du scénario 2, représentant l'ancienne situation de l'entreprise HMT (culture extensive et trituration à 3 phases), selon les catégories de dommage (changement climatique, qualité des écosystèmes, santé humaine et eau consommée) est illustrée par la figure 16.

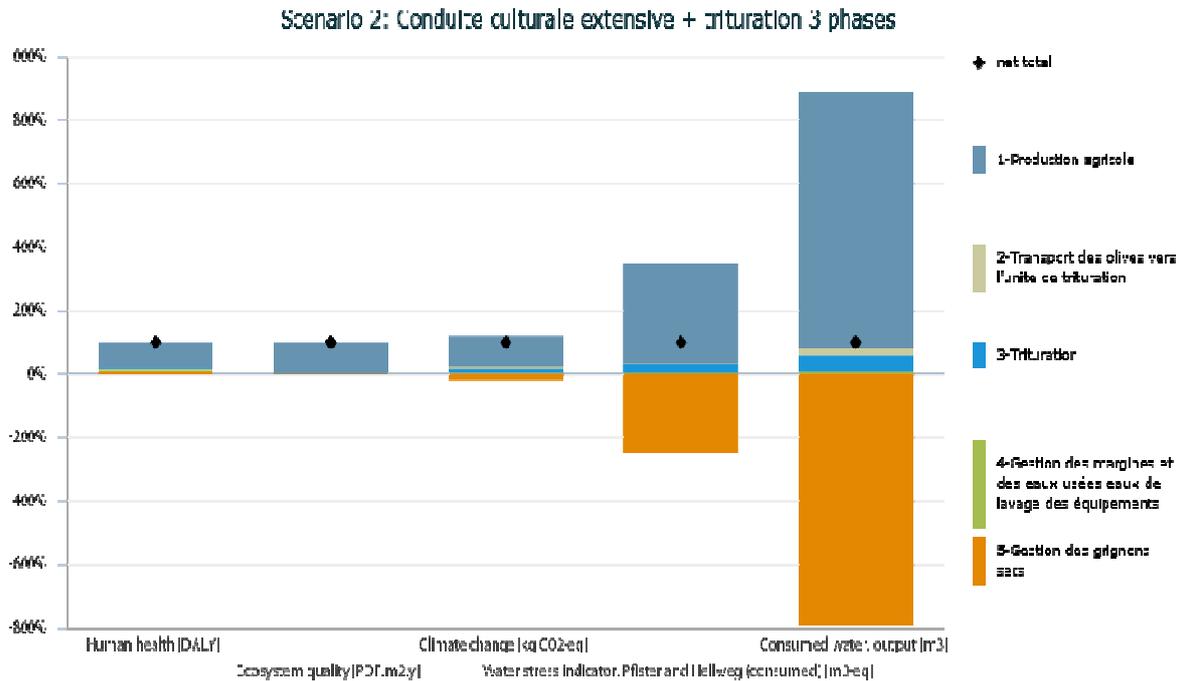


Figure 16 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 2

Comme pour le scénario 2, la production agricole est nettement la phase qui génère le plus d'impacts environnementaux pour l'ensemble des cinq catégories de dommage changement climatique, santé humaine, qualité des écosystèmes, eau consommée et index de stress hydrique (respectivement 82%, 82%, 99%, 91% et 90% de l'impact global).

La gestion des grignons secs génère un bénéfice environnemental net pour les catégories de dommage changement climatique, eau consommée et index de stress hydrique en évitant respectivement 0.45 kg CO₂-eq, 0.013 m³ d'eau consommée et 0.0077 m³-eq d'eau consommée, représentant respectivement 15%, 89% et 71% des impacts associés aux autres phases (production agricole, transport des olives vers l'unité de trituration, trituration et gestion des margines et des eaux usées des équipements) pour les catégories de dommage changement climatique, eau consommée et index de stress hydrique.

En effet, la gestion des grignons secs comprend la valorisation des grignons épuisés en combustible substituant une quantité énergétiquement équivalente du fuel lourd, évitant ainsi les impacts dus à la production et l'utilisation de ce dernier ce qui permet

de réduire l'émission de 0.53 kg de CO₂. En outre, cette activité comprend la production et la vente d'huile raffinée (acidité<25%) substituant une quantité équivalente de huile de soja et évitant ainsi les impacts relatifs à sa production et associés à l'eau consommée et l'index de stress hydrique.

Pour les phases de trituration, transport des olives vers l'unité de trituration et la gestion des margines, leurs impacts cumulés ne représentent que 18%, 10%, 0.3%, 9% et 10% de l'impact global, respectivement pour les catégories de dommage changement climatique, santé humaine, qualité des écosystèmes, eau consommée et index de stress hydrique.

Un focus sur la phase agricole est illustré par la figure 17.

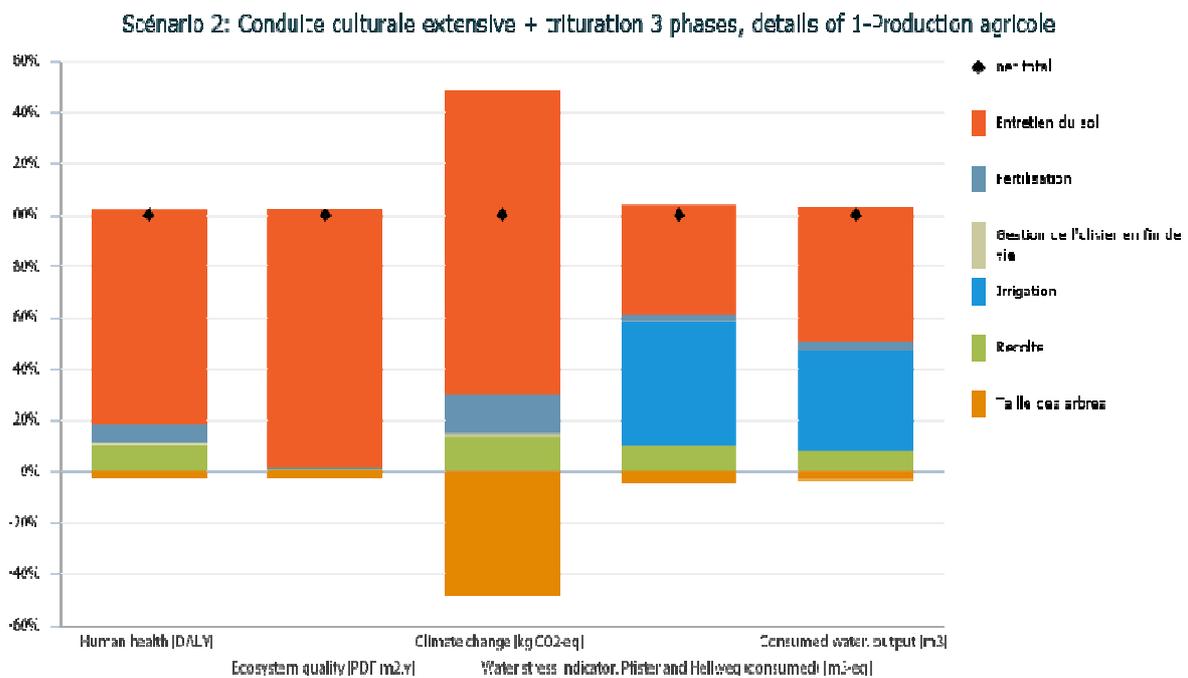


Figure 17 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture extensive) -Scénario 2

La figure ci-dessus montre que l'entretien du sol est l'activité qui génère le plus d'impact environnemental de la phase agricole pour les catégories de dommage santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique, représentant respectivement 82%, 98% et 80% des impacts associés à la phase agricole. En outre, cette activité est à l'origine de 88.64 PDF.m².an pour la catégorie de dommage

qualité des écosystèmes, génère 2.84 kg CO₂-eq et induit un impact sur la santé humaine de 5.24 10⁻⁶ DALY.

Pour les catégories de dommage eau consommée et index de stress hydrique, l'entretien du sol et l'irrigation sont les activités qui ont le plus d'impacts de la phase agricole.

La taille des arbres induit un bénéfice environnemental net de 1.16 kg CO₂-eq représentant 33% de l'impact cumulé associés aux autres activités de la phase agricole (entretien du sol, fertilisation, irrigation, récolte et gestion de l'olivier en fin de vie) pour la catégorie de dommage changement climatique.

L'interprétation des constats cités ci-haut et qui sont relatifs à la phase agricole (scénario 2) est analogue à celle du scénario 1, puisqu'il s'agit du même type de culture «extensive».

5.3 Vue d'ensemble du scénario 3

L'analyse environnementale du scénario 3 qui représente la situation projetée de l'entreprise HMT (culture semi-intensive et trituration à 2 phases), selon les cinq catégories de dommage (changement climatique, qualité des écosystèmes, santé humaine, eau consommée et index de stress hydrique) est illustrée par la figure 18.

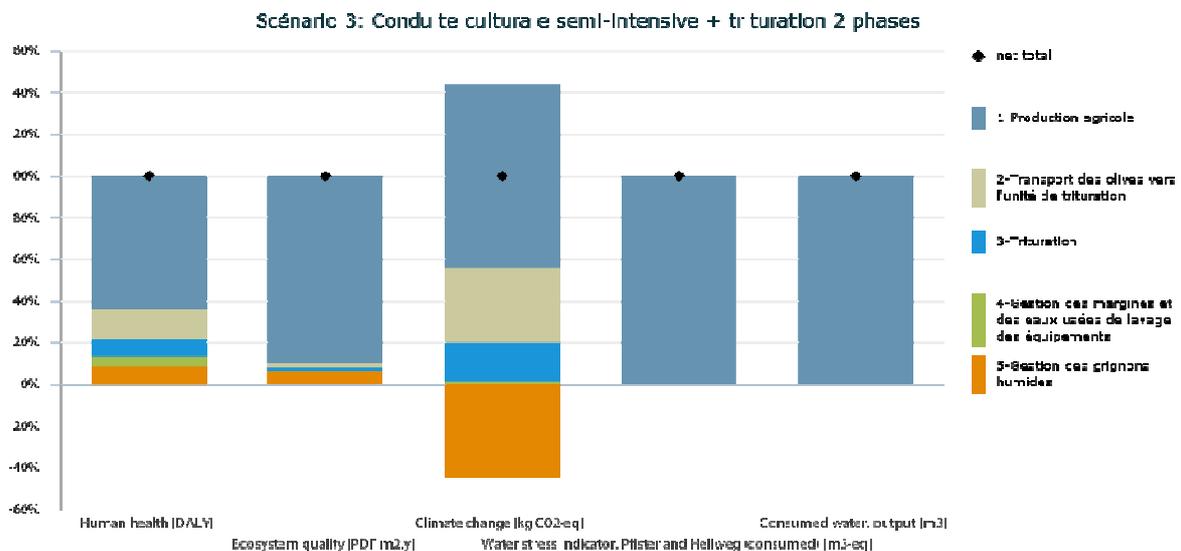


Figure 18 : Vue d'ensemble de l'analyse environnementale du Scénario 3

L'examen du graphique ci-dessus relatif au scénario 3 met en relief que la phase agricole (culture semi-intensive) est nettement la phase qui génère le plus d'impact environnemental et surtout en ce qui concerne les catégories de dommage eau consommée, index de stress hydrique et qualité des écosystèmes, avec des impacts environnementaux représentant respectivement 99%, 99% et 90% de l'impact global. Cependant, cette fois-ci, l'impact environnemental associé au transport des olives du champ vers l'unité de trituration est assez conséquent, représentant ainsi 25% et 14% de l'impact global respectivement sur le changement climatique et la santé humaine. Ceci est dû aux émissions de CO₂ et de fines particules par les camions de transport des olives sur une plus grande distance, à savoir 130 km (1.27 tkm par litre d'huile d'olive).

La gestion des grignons humides induit un bénéfice environnemental de 0.37 kg CO₂-eq, représentant ainsi 31% des impacts cumulés et associés aux autres phases du système étudié (production agricole, transport des olives, trituration et gestion des margines et des eaux usées de lavage des équipements) pour la catégorie de dommage changement climatique. L'interprétation des constats cités ci-haut et qui sont relatifs au bénéfice environnemental de la gestion des grignons humides sur le changement climatique (scénario 3) est analogue à celle du scénario 1, puisqu'il s'agit du même type de procédé de trituration (2 phase).

Une analyse plus poussée des impacts générés par la phase agricole est illustrée par la figure 19.

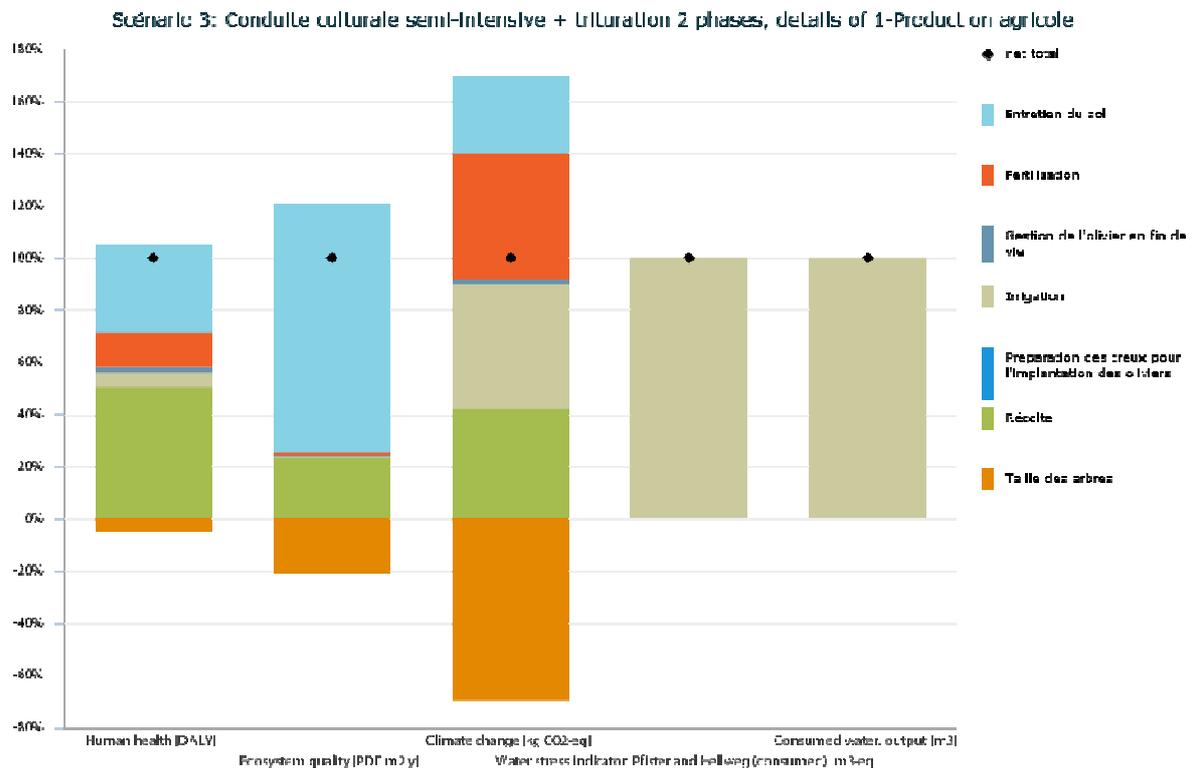


Figure 19 : Analyse détaillée de la phase agricole (culture semi-intensive) -Scénario 3

L'examen du graphique ci-dessus révèle que l'entretien du sol est l'activité qui génère le plus d'impact sur la qualité des écosystèmes, comparée aux autres activités de la phase agricole. En effet, cette activité génère 4.24 PDF.m².an représentant 79% de l'impact global de la phase agricole sur la qualité des écosystèmes. Ceci est dû à l'occupation du sol par les oliviers sur une superficie de 33 ha, soit l'équivalent de 3.5 m².an par litre d'huile d'olive.

La récolte des olives est l'activité la plus impacte sur la santé humaine. La valeur de son impact est évaluée à 6.12 10⁻⁷ DALY, représentant environ la moitié de l'impact global sur la santé humaine. En effet, cette activité comprend le ramassage des caisses d'olives par le tracteur à l'intérieur du champ; ce qui est à l'origine d'émissions de fines particules ayant des effets respiratoires nocifs sur la santé humaine.

Concernant l'impact sur le changement climatique, il est induit principalement par la fertilisation (28%), l'irrigation (28%), la récolte (25%) et l'entretien du sol (18%). Ceci est dû aux émissions directes du CO₂ par les tracteurs lors des activités de

fertilisation, entretien du sol et ramassage des caisses d'olives lors de la récolté, et aux émissions indirectes de CO₂ lors de l'activité d'irrigation (utilisation de l'électricité pour le pompage de l'eau : 0.6 kWh par litre d'huile d'olive) et l'activité de fertilisation (production du compost).

Quant à l'irrigation, elle détient la quasi-totalité de l'eau consommée de la phase agricole (>99%). En effet, il s'agit d'une culture semi-intensive irriguée qui requiert une consommation très importante en eau de forage, et ce, durant toute la durée de vie de l'olivier (80 ans). Les valeurs de l'eau consommée et de l'index de stress hydrique sont évaluées respectivement à 1.2 m³ et 1.1 m³-eq par litre d'huile d'olive produit.

La taille des arbres permet de générer des bénéfices environnementaux sur le changement climatique et la qualité des écosystèmes, évalués respectivement à l'évitement de 0.52 kg de CO₂-eq (41% de l'impact global associé à la phase agricole) et 0.93 PDF.m².an (17% de l'impact global associé à la phase agricole). En effet, une fraction du bois issu des déchets de tailles est valorisée en tant que combustible substituant ainsi une quantité énergétiquement équivalente du charbon. En plus, les feuilles et les brindilles de ces des déchets sont valorisées comme aliments pour le bétail, substituant une quantité équivalente en valeur nutritionnelle du foin et évitant ainsi les impacts afférents à la production de ce dernier.

5.4 Analyse comparative des deux conduites culturales

La comparaison des impacts environnementaux des deux conduites de cultures : extensive et semi-intensive est réalisée via la comparaison des deux scénarios 1 et 3.

Une analyse comparative entre les deux conduites culturales pour les trois catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes est illustrée par la figure 20.

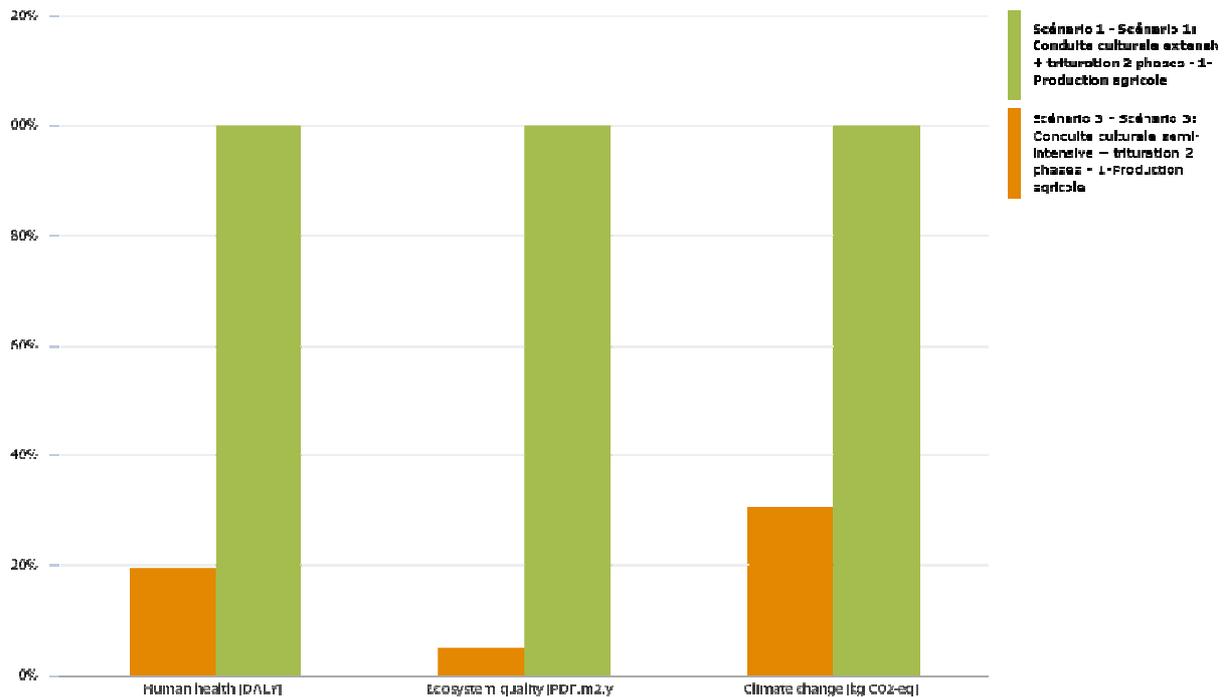


Figure 20 : Analyse comparative entre les deux conduites culturales selon les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes

Il en résulte de la figure ci-dessus que la conduite culturale semi-intensive présente moins d'impacts par rapport à la conduite culturale extensive pour les trois indicateurs considérés. Ainsi, les impacts associés à la culture semi-intensive représentent respectivement 31%, 19% et 5% des impacts associés à la culture extensive pour les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes. En effet, cette différence est due principalement à l'importance de l'impact associé à l'entretien du sol de la culture extensive en comparaison à l'impact de cette activité pour la culture semi-intensive. En effet, l'entretien du sol de la culture extensive génère 2.84 kg CO₂-eq, 5.23 10⁻⁶ DALY et 88.64 PDF.m².an alors que cette activité génère 0.22 kg CO₂-eq, 4.10 10⁻⁷ DALY et 4.24 PDF.m².an pour la culture semi-intensive. Ceci est expliqué par la différence importante du rendement oléicole rapporté à l'hectare entre les deux conduites de cultures qui est nettement en faveur de la culture semi-intensive. Malgré un nombre de passages et une quantité appliquée de compost plus importants pour la culture semi-intensive comparés à ceux de la culture extensive, l'impact global reste influencé par la productivité à l'hectare (8100 kg par pied durant 80 ans pour une

superficie de 33 ha contre 5925 kg par pied durant 150 ans pour une superficie de 410 ha, respectivement pour les cultures semi-intensive et extensive).

Par ailleurs, la comparaison de l'impact environnemental des deux conduites culturales par rapport à l'eau consommée et l'index de stress hydrique, est illustrée par la figure suivante (figure 21).

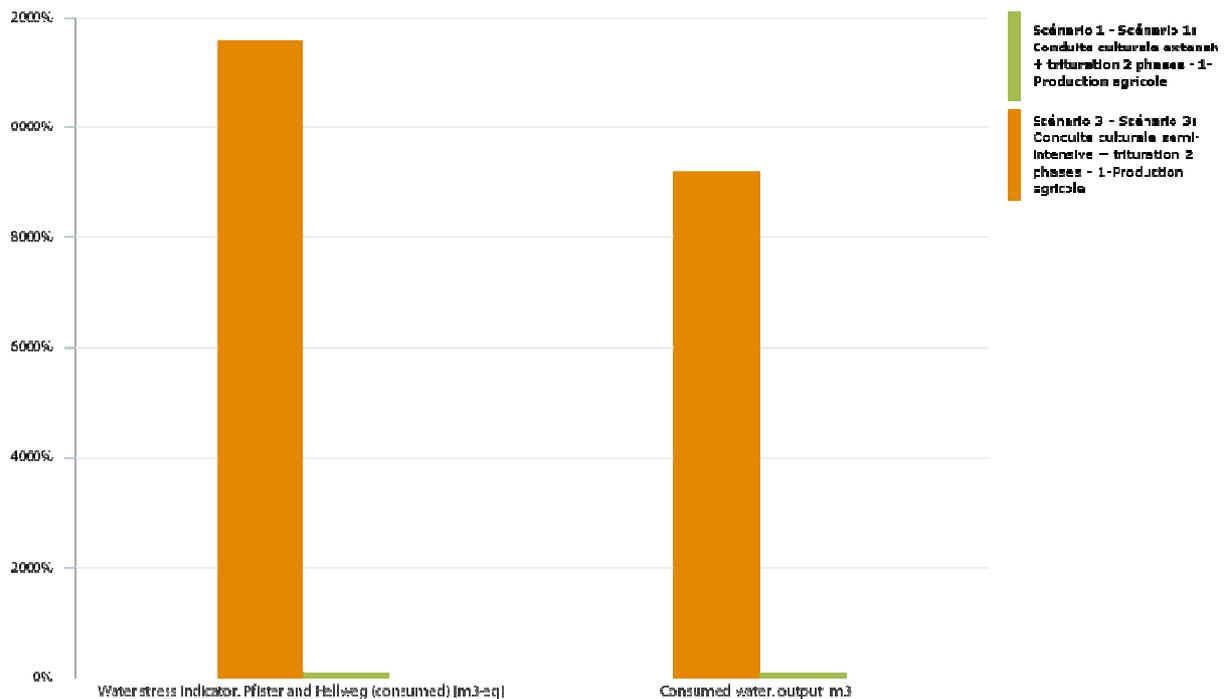


Figure 21 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique des deux conduites culturales

L'analyse des histogrammes ci-dessus met en évidence que l'eau consommée et l'index de stress hydrique sont incontestablement plus importants pour la culture semi-intensive que celle extensive (environ 100 fois).

Ceci est dû principalement à une culture semi-intensive irriguée contre une culture extensive non irriguée (1215 litres d'eau consommée par litre d'huile produit contre 13 litres par litre d'huile produit) dans une région caractérisée par son index de stress hydrique très élevé.

5.5 Analyse comparative des deux procédés de trituration

Une analyse environnementale comparative des deux procédés de trituration, y compris la gestion des sous-produits, par rapport aux catégories de dommage : santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique est illustrée par la figure 22.

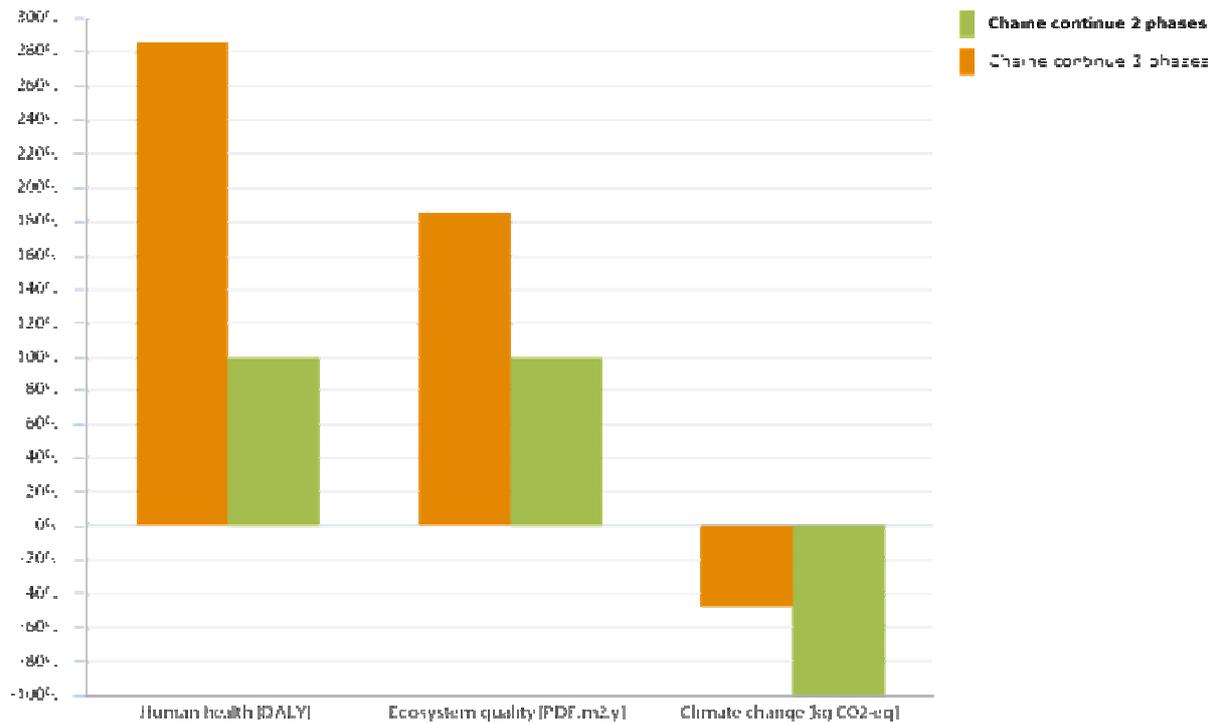


Figure 22 : Comparaison des deux procédés de trituration par rapport aux catégories de dommage : santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique

L'examen du graphique ci-dessus montre que le procédé de trituration chaîne continue à 2 phases est moins impactant que celui de la chaîne continue à 3 phases par rapport aux catégories de dommage suivantes : santé humaine, qualité des écosystèmes et changement climatique. En effet, les impacts sur la santé humaine et la qualité des écosystèmes associés à la chaîne continue à 2 phases sont respectivement 65% et 46% plus faibles que ceux associés à la chaîne continue à 3 phases. Ceci revient principalement à des consommations en énergie électrique et thermique (surtout pendant l'étape de malaxage) et en eau (pendant l'étape de décantation), et par conséquent une génération de marge, moins importante pour le cas de la chaîne continue à 2 phases.

Il est à constater que les 2 procédés de trituration génèrent des bénéfices environnementaux sur le changement climatique et ce en raison de la valorisation énergétique des grignons secs épuisés et des noyaux issus respectivement de la trituration à 3 phases et la trituration à 2 phases, avec un bilan environnemental en faveur de cette dernière.

Par ailleurs, la comparaison de l'impact environnemental des deux procédés de trituration par rapport à l'eau consommée et l'index de stress hydrique, est illustrée par la figure 23.

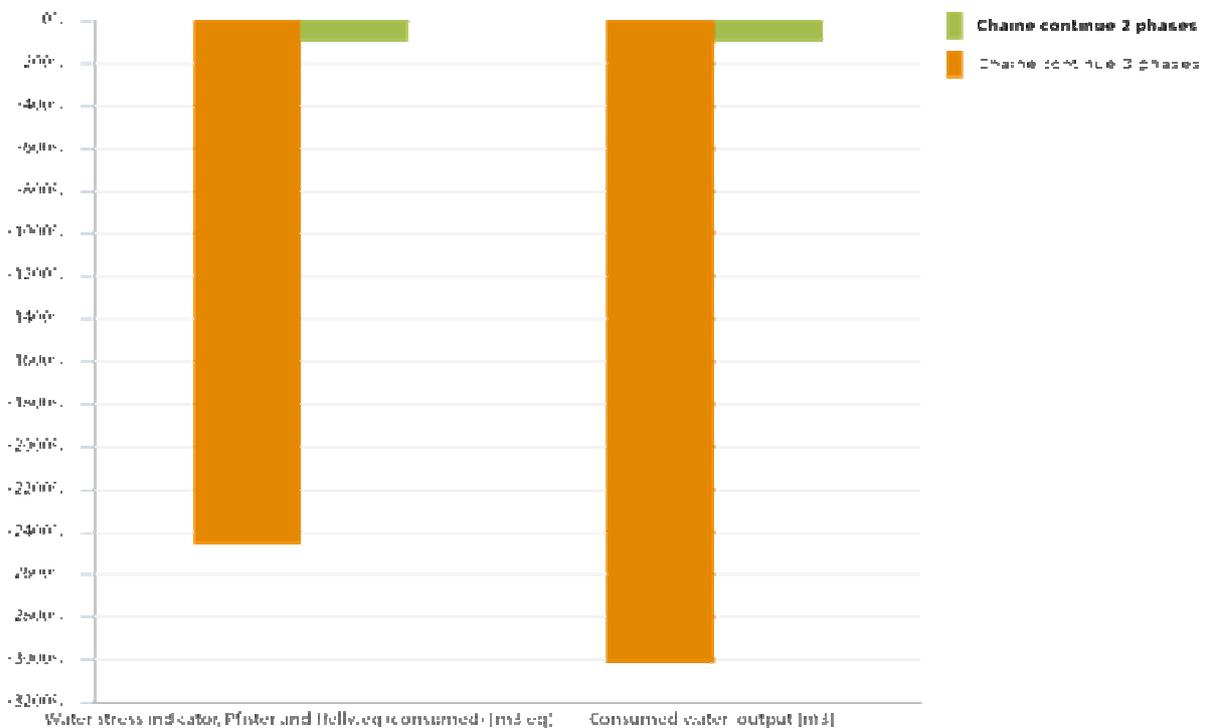


Figure 23 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique des 2 procédés de trituration

Il en ressort du graphique ci-dessus que les 2 procédés de trituration génèrent des bénéfices environnementaux en matière d'eau consommée et index de stress hydrique issus principalement de la valorisation de la pulpe en compost pour le cas de la trituration à 2 phases et de la valorisation d'huile de grignon raffinée, comme substituant de l'huile de soja, pour le cas de la trituration à 3 phases.

Il est à signaler que les bénéfices en termes d'eau consommée et index de stress hydrique associés à la trituration à 3 phases sont nettement supérieurs à ceux

associés à la trituration à 2 phases. Ceci est expliqué par une eau consommée beaucoup plus importante pour la production d'huile de soja (0.47 m^3 par kg) qui est substituée par l'huile de grignon raffinée, un sous produit émanant de la trituration à 3 phases.

5.6 Analyse comparative des trois scénarios

Les valeurs des impacts environnementaux pour les cinq catégories de dommage (changement climatique, santé humaine, qualité des écosystèmes, eau consommée et index de stress hydrique) sont reportées dans le tableau ci-après :

Tableau 3 : Evaluation des impacts environnementaux de l'huile d'olive selon les trois scénarios

Indicateurs	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Changement climatique (kg CO₂-eq)	2,39	2,47	0,84
Santé humaine (DALY)	6,85E-06	7,64 E-06	1,90E-06
Qualité des écosystèmes (PDF.m².an)	88,54	88,90	4,93
Eau consommée (m³)	0,0125	0,00163	1,216
Index de stress hydrique (m³-eq)	0,00883	0,00308	1,102

La comparaison des impacts environnementaux associés aux trois scénarios par rapport aux catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes est illustrée par la figure suivante (figure 24).

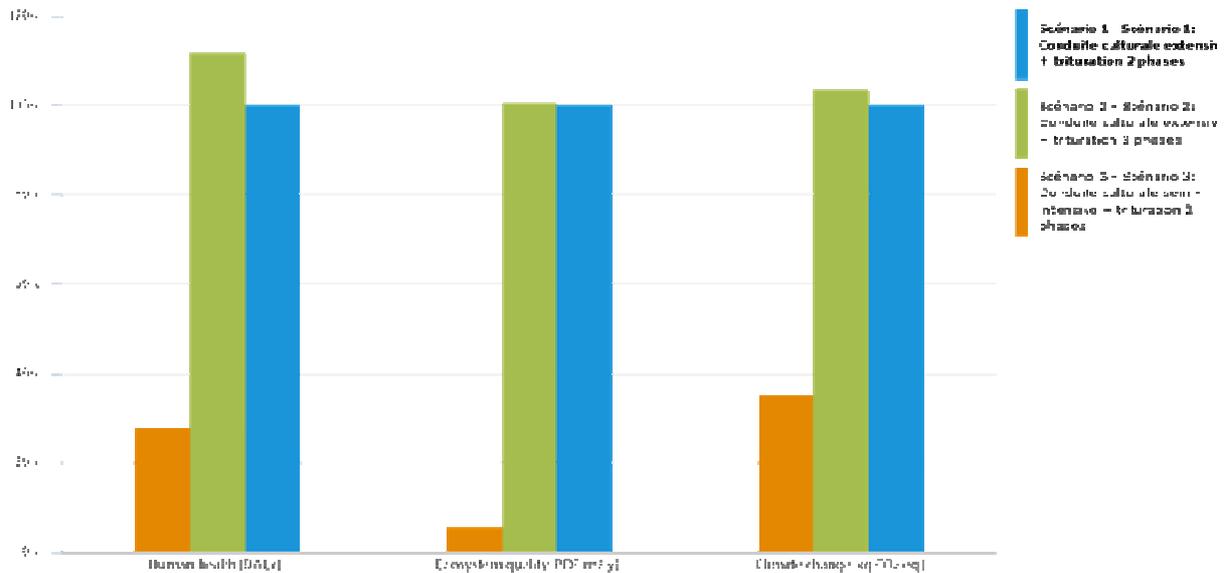


Figure 24 : Analyse comparative entre les trois scénarios selon les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes

D'après le graphique ci-dessus, le scénario 3 (culture semi-intensive et trituration 2 phases) représente le moins d'impacts en comparaison avec le scénario 1 (culture semi-intensive et trituration 2 phases) et le scénario 2 (culture extensive et trituration 3 phases), et ce, pour les catégories de dommage changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes.

En effet, ceci est expliqué par la conjugaison des deux points suivants :

- D'une part, la phase agricole détient la part la plus importante des impacts environnementaux générés par les 3 scénarios étudiés (comme déjà expliqué dans les paragraphes précédentes : 5.1, 5.2 et 5.3).
- D'autre part, la phase agricole afférente à la culture semi-intensive (scénario 3) génère moins d'impacts que celle de la culture extensive (scénarios 1 et 2), conformément à ce qui a été expliqué dans le paragraphe 5.4 relatif à l'analyse comparative de deux conduites de culture.

Le scénario 2 est légèrement plus impactant que le scénario 1 pour les catégories de dommage changement climatique, qualité des écosystèmes et santé humaine. En effet, la chaîne continue 2 phases génère moins d'impacts que la chaîne continue 3 phases comme déjà expliqué lors de la comparaison entre les deux procédés de trituration (paragraphe 5.5).

Par ailleurs, la comparaison de l'impact environnemental des trois scénarios par rapport à l'eau consommée et l'index de stress hydrique, est illustrée par la figure suivante (figure 25).

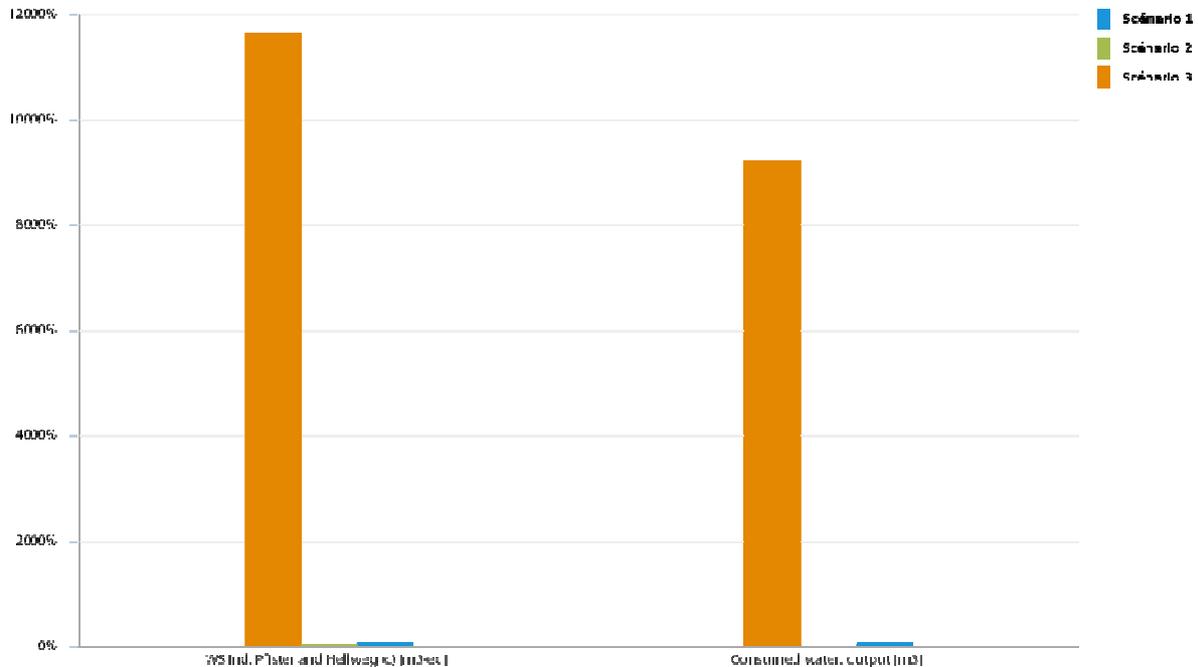


Figure 25 : Analyse comparative de l'eau consommée et l'index de stress hydrique entre les trois scénarios

L'examen du graphique ci-dessus met en exergue que l'eau consommée et l'index de stress hydrique relatifs au scénario 3 sont nettement plus importants (environ 100 fois) que ceux associés aux scénarios 1 et 2. Ceci a été expliqué lors de l'analyse comparative entre les deux conduites culturelles (paragraphe 5.4).

Par ailleurs, le même graphique révèle que l'eau consommée relative au scénario 2 est moins importante (environ 8 fois) que celle relative au scénario 1. En effet, le procédé de trituration 3 phases, caractéristique du scénario 2, génère plus de bénéfices environnementaux comparé au procédé de trituration 2 phases, conformément à ce qui a été déjà expliqué au paragraphe 5.5.

6 CONCLUSION

L'évaluation environnementale à travers une approche d'ACV de l'activité de production d'huile d'olive biologique vierge extra, selon trois scénarios étudiés pour le cas de l'huilerie HMT à Sfax, a permis de tirer les principales conclusions suivantes :

- La phase agricole est nettement l'étape la plus impactante de tout le cycle de vie de la production d'huile d'olive (production agricole, transport des olives, trituration et gestion des grignons et des margines) pour tous les indicateurs considérés, et ce indépendamment du mode de conduite culturale appliqué. En effet, la contribution de la phase agricole dans l'impact global varie entre 61% et 87% par rapport au changement climatique, entre 64% et 91% par rapport à la santé humaine, entre 90% et 99% par rapport à la qualité des écosystèmes et entre 90% et 99% par rapport à l'eau consommée et l'index de stress hydrique. La production d'un litre de l'huile d'olive vierge extra dans le cas d'une culture extensive et d'un procédé de trituration à 2 phases, émet l'équivalent de 2.78 kg de CO₂ dont 87.2% sont associés aux processus de la phase agricole. Une étude similaire effectuée en 2008 en Chypre a montré que la production d'un litre d'huile d'olive libère 3.9 kg de CO₂ dont 93.8% sont imputés à la phase agricole. Cette différence est expliquée par l'utilisation des engrais chimiques dans le cas du système étudié en Chypre qui n'est pas le cas pour notre système d'étude vu qu'il s'agit d'une culture biologique interdisant l'utilisation des engrais chimiques. Les deux études, comme c'est souvent le cas pour les produits agricoles, confirment que la phase agricole détient la part la plus importante des impacts environnementaux du produit durant tout son cycle de vie.
- Pour le cas d'une culture extensive, l'impact de la phase agricole est généré principalement par l'activité d'entretien du sol pour les trois premières catégories de dommage (changement climatique, santé humaine et qualité des écosystèmes). Quant à l'eau consommée et l'index de stress hydrique associés à ce même type de culture extensive, ils sont induits principalement par les activités d'entretien du sol et de l'irrigation.

- Concernant la culture semi-intensive, l'impact de la phase agricole sur le changement climatique est réparti entre les activités de fertilisation, irrigation, récolte et entretien du sol. L'impact sur la santé humaine est émis majoritairement par les activités de récolte des olives et d'entretien du sol; tandis que son impact sur la qualité des écosystèmes est lié principalement à l'entretien du sol. La quasi-totalité de l'eau consommée est détenue par l'irrigation.
- L'analyse comparative des deux conduites culturales a mis en évidence le fait que la culture semi-intensive génère moins d'impacts que la culture extensive pour les catégories de dommage changement climatique, qualité des écosystèmes et santé humaine. Ceci est dû à la différence du rendement oléicole rapporté à l'hectare entre les deux conduites culturales qui est nettement en faveur de la culture semi-intensive. Cependant, la culture semi-intensive est caractérisée par une eau consommée et un index de stress hydrique environ 100 fois plus importants que ceux liés à la culture extensive. Pour le 1^{er} type de culture, l'eau consommée relative à la phase agricole est évaluée à 1215 litres d'eau par litre d'huile d'olive produit. Quant au 2^{ème} type de culture, l'eau consommée relative à la phase agricole est évaluée à 13 litres d'eau par litre d'huile d'olive produit.
- L'analyse comparative des deux procédés de trituration a relevé que la chaîne continue trois phases génère plus d'impacts que la chaîne continue deux phases et ce pour les catégories de dommage qualité des écosystèmes et santé humaine. En outre, les 2 procédés de trituration génèrent des bénéfices environnementaux sur le changement climatique et ce à travers la valorisation énergétique des grignons secs épuisés et des noyaux issus respectivement de la trituration à 3 phases et la trituration à 2 phases, avec un bilan environnemental en faveur de cette dernière. D'autre part, la comparaison de l'eau consommée et l'index de stress hydrique des deux procédés a montré que la chaîne trois phases présente des bénéfices environnementaux plus importants que ceux générés par la chaîne deux phases. Toutefois, il importe de signaler que les bénéfices environnementaux associés à la trituration 3 phases sont imputés en grande partie à l'évitement

de l'eau consommée relative à la production de l'huile de soja. Ce bénéfice environnemental est évalué à 11.5 litre d'eau consommée ce qui représente environ 87% de l'impact environnemental de la phase agricole pour l'eau consommée. Cependant, et du fait que l'huile de soja est un produit importé, ce «bénéfice environnemental» n'a pas une réelle incidence positive sur la ressource en eau locale. Par contre, les bénéfices environnementaux associés à l'eau consommée de la trituration 2 phases sont imputés principalement à la valorisation des pulpes pour la production du compost utilisé souvent à l'échelle locale en substituant partiellement (l'excédent qui n'est utilisé en interne) un engrais chimique et par conséquent l'évitement de l'eau consommée relative à la production de ce dernier.

7 RECOMMANDATIONS

Compte tenu de ce qui a été analysé ci-dessus et afin d'améliorer les performances environnementales liées à l'activité oléicole exercée par l'entreprise HMT, les recommandations suivantes sont préconisées :

- Pour la conduite culturale, et compte tenu de l'importance de la problématique de pénurie d'eau dans la région et de son indice de stress hydrique assez prononcé, la culture extensive non irriguée est privilégiée par rapport à la culture semi-intensive irriguée. Cette proposition trouve d'autant plus son fondement si cette culture extensive, caractérisée par une charge environnementale plus importante sur le changement climatique, la santé humaine et la qualité des écosystèmes que celle associée à la culture semi-intensive, est accompagnée de mesures visant la réduction de ses impacts. A cet effet, et dans la mesure où ceci demeure techniquement faisable, il est proposé d'améliorer le rendement oléicole par hectare de la culture extensive non irriguée, via, par exemple, l'augmentation de la densité des arbres dans le champ et/ou le remplacement des vieux arbres dont la productivité entre en déclin (à partir de l'âge de 90 ans) tout en gardant les mêmes conditions d'exploitation au niveau de l'oliveraie. Ainsi, cette proposition fera l'objet d'une évaluation environnementale qui sera traitée dans le paragraphe suivant (8. Evaluation environnementale des mesures d'amélioration).
- En ce qui concerne la trituration, la chaîne continue à 2 phases constitue le procédé le plus avantageux sur le plan environnemental. Ce procédé est d'ailleurs qualifié en Espagne de «procédé écologique». Nous préconisons ainsi son application au niveau national tunisien, ce qui impliquera néanmoins un d'incitation des oléiculteurs pour son adoption progressive. En outre, ce procédé de trituration 2 phases fait partie d'un projet de critères techniques et écologiques de l'Ecolabel Tunisien pour la catégorie de produit «huile d'olive conditionnée». L'adoption d'un tel procédé constituera une condition sine-qua-non pour l'octroi de l'Ecolabel.
- La gestion des marges au niveau de la décharge devrait être améliorée en évitant le débordement de ces dernières lors du déchargement et en



garantissant l'étanchéité des bassins d'évaporation. De telles mesures permettent d'éviter la contamination du sol et de la nappe par les nitrates, le phosphore, le potassium et le phénol.

8 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES MESURES D'AMELIORATION

Dans cette partie nous nous intéressons à l'évaluation de l'amélioration des performances environnementales de la phase agricole d'une culture extensive non irriguée, et ce, suite aux mesures préconisées précédemment, à savoir : intensification de la densité des arbres et/ou le remplacement des vieux arbres à partir de la phase de déclin de production. Pour ce faire, trois nouveaux scénarios ont été modélisés :

- **Scénario 4** : culture extensive avec intensification de la densité des arbres de 4 fois par rapport au scénario 1, soit une nouvelle densité de 68 pieds/ha au lieu de 17 pieds/ha. Il s'agit d'implanter un nouvel arbre entre chaque deux anciens arbres.
- **Scénario 5** : culture extensive avec remplacement des vieux arbres.
- **Scénario 6** : la combinaison des deux scénarios 4 et 5.

Une analyse comparative de ces 3 nouveaux scénarios avec la situation actuelle de la culture extensive (phase agricole du scénario 1) est illustrée par le graphique suivant :

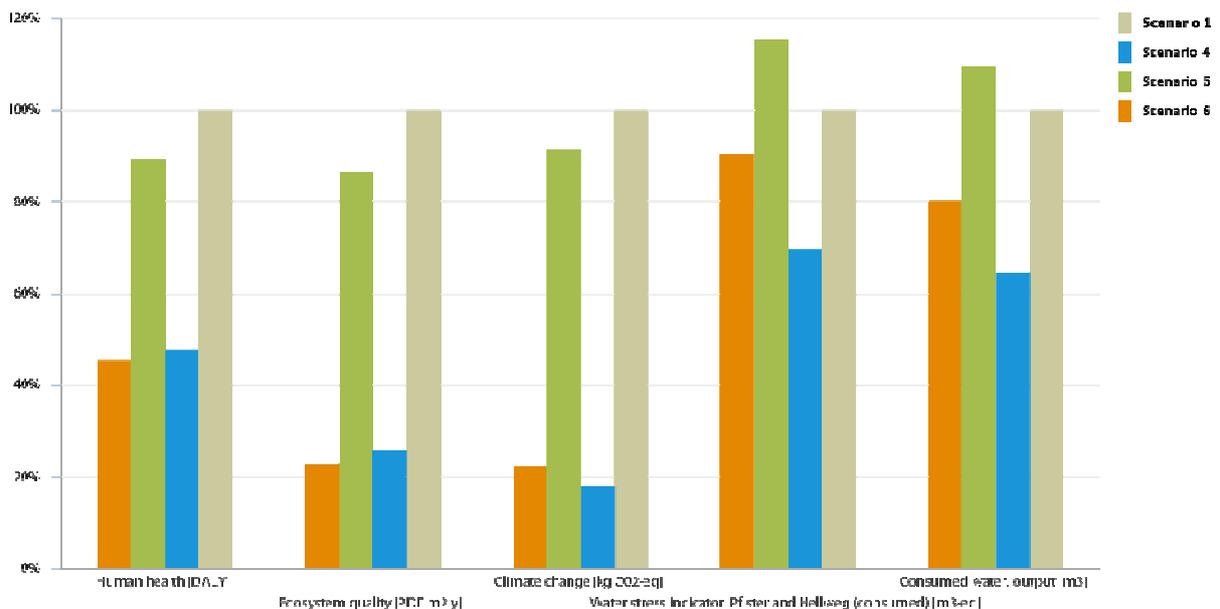


Figure 26: Analyse comparative des trois scénarios (4,5 et 6) par rapport au scénario de référence (scénario 1)

L'examen du graphique ci-dessus met en évidence les conclusions suivantes :

- Le scénario 4, afférent à l'intensification de la densité des arbres, permet de réduire considérablement les impacts environnementaux, comparés à ceux associés au scénario de référence (scénario 1). En effet, la réduction des impacts est chiffrée comme suit : 35% de l'eau consommée, 82% pour le changement climatique, 52% pour la santé humaine et 74% pour la qualité des écosystèmes.
- Le scénario 5, relatif au remplacement des vieux arbres, ne permet pas de réduire d'une façon significative les impacts sur le changement climatique, la santé humaine et la qualité des écosystèmes, et ce, en comparaison avec le scénario de référence. En outre, il est caractérisé par des impacts plus importants pour l'eau consommée et l'index de stress hydrique.
- Le scénario 6 qui est la combinaison des deux scénarios 4 et 5, permet de réduire : 20% de l'eau consommée, 78% pour le changement climatique, 55% pour la santé humaine et 77% pour la qualité des écosystèmes.

A la lumière de ces résultats, nous recommandons de retenir le scénario 4, compte tenu aussi bien de son bilan environnemental largement avantage par rapport à la situation actuelle, que de son bilan économique très intéressant. Cependant, cette mesure devrait être étudiée sur le plan de faisabilité technique en tenant compte des conditions d'exploitation similaires à celle de la situation actuelle.

9 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arrêté du Ministre de l'énergie et des Mines du 18 Mars 1987 relatif à la fixation des coefficients d'équivalence et du pouvoir calorifique (JORT N°22 du 27 Mars 1987).
- DGPA, 2014 (données sur le secteur oléicole en Tunisie).
- MEATDD, inventaire des gaz a effet de serre, 2000.
- Cemagref en 2008 (De Gervillier, 2008) : Utilisation de l'ACV en agriculture.
- Synthèse technique des méthodes d'évaluation des impacts environnementaux liés aux usages de l'eau, LOISEAU Eléonore Janvier 2010
- Mila i Canals et al 2009 : Définitions des origines et des usages de l'eau dans un système de production.
- Pfister et al (2009) : Approche end point de l'empreinte eau.
- Arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises, du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques et du ministre de la santé publique du 26 mai 2008.
- Arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques du 3 décembre 2005.
- Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination.
- Directive européenne 2008/98/CE.
- Etude de caractérisation des fumiers de cheval issus de centres équestres afin d'aider à la décision ([http : //www.filierechevalpaca.com/pdf/4.pdf](http://www.filierechevalpaca.com/pdf/4.pdf))
- Blonk 2011 : Emission de N₂O dans l'air.
- Nemecek et al. 2012 : Emission de NH₃ dans l'air.
- ecoinvent 'Wheat grains, atfarms/US U' : Emissions de NO₃⁻, phosphore et PO₄³⁻ dans l'eau.
- A.BOUAT, maître de conférences Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier : Physiologie de l'olivier relation avec son amélioration culturale.
- [http : //www.acqualys.fr/page/tableau-comparatif-pouvoir-calorique-inferieur-pci-des-energies](http://www.acqualys.fr/page/tableau-comparatif-pouvoir-calorique-inferieur-pci-des-energies).
- www.charbondebois.fr.
- Guide environnemental dans diverses branches d'industries (GIZ, 2004).

- Trigui 2008, valorisation des grignons d'olive.
- Avraamides, M., Fatta, D., Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus. Journal of Cleaner Production 16 (2008); pp 809-821.
- C.O.I, 2012 : CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL 2012.
- De Gervillier, A., 2008, Contribution à la mise en place d'une méthodologie d'évaluation environnementale appliquée aux systèmes de production agricole – Cas de l'Analyse de Cycle de Vie appliquée à l'exploitation agricole de Montoldre, mémoire de fin d'études, Institut Polytechnique La Salle Beauvais, 90 p.
- Degreyt, W. I., (1998), Effect of physical refining on selected minor components in vegetable oils, 6-8.
- Garrido Fernandez, A., Garcia, P., Lopez lopez, A., and Noé Arroyo Lopez, F., 2004. Nutritional characteristics of olive oil and table olives, in TDC Olive Encyclopedia. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80 (7) pp 1013-1023.
- GIEC, 2007, "Changements climatiques 2007 : rapport de synthèse", Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève.
- Grati Kamoun, N., et Khlif M, 2001. Ezzaitouna. Numéro spécial, 69 pp
- Grati Kamoun, N., 2007 : Etude de la diversité génétique de l'olivier en Tunisie : approche, pomologique, biochimique et moléculaire - Thèse es sciences biologiques, 362pFaculté des Sciences de Sfax.
- ISO. Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre. ISO 14040 : 2006. International Organization for Standardization, 2006.
- ISO 14044 (2006). Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices.
- Jensen, A., Hoffman, L., Moller T., B. et Schmidt, A. (1997). Life Cycle Assessment (LCA) : A guide to approches, experiences and information sources.

- Jolliet, O., Saadé M., Crettaz P., Shaked S. (2010), Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan, Presse polytechniques et universitaires romandes.
- Labouze, E., Roederer, O., Froelich. D. Rating the data quality in life-cycle approach in automotive's LCA. Proceeding of the 6th SETAC Europe Annual Meeting 19-22 may 1996 (Italy).
- Lavee, S., 1997. Biologie et physiologie de l'olivier, p61-100. In. Plaza et Janes (eds). Encyclopédie Mondiale de l'olivier. Egedsa, Sadabell, Espagne.
- Loi n° 99-30 du 5 avril 1999 relative à l'agriculture biologique. (J.O.R.T N° 29 – 9 avril 1999).
- Nefzaoui, A., Valorisation des sous-produits de l'olivier. In : Tisseran d J.-L. (ed.), Alibés X. (ed.). Fourrages et sous-produits méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 101 -108 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n.1 6.
- ONH ; 2012 : Office nationale de l'huile ; site officiel.
- Roberta, S., Giuseppe I. Environmental impacts of olive oil production: a Life Cycle Assessment case study in the province of Messina (Sicily). Journal of Cleaner Production 28 (2012); pp 88-100.

10 ANNEXES

10.1 Annexe 1- Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'olive vierge extra

Référence : Arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises, du ministre du commerce et de l'artisanat, du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques et du ministre de la santé publique du 26 mai 2008, fixant les catégories, caractéristiques et les conditions de conditionnement, d'emballage et d'étiquetage des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive.

Définition de l'huile d'olive vierge extra : est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0.8g pour 100g et dont les caractéristiques correspondent à celles fixées sont les suivantes :

I- Critères de qualité :

1. Caractéristiques Organoleptiques :

- Médiane des défauts : $Me=0$
- Médiane de fruite : $Me>0$

2. Acidité libre (% m/m exprimée en acide oléique) : ≤ 0.8

3. Indice de peroxyde en milliéquivalents d'oxygène des peroxydes par kg d'huile : ≤ 20

4. Absorbance dans l'ultraviolet : $A_{270m} \leq 0.22$

5. $\Delta K \leq 0.01$

6. Teneur en eau et en matières volatile % m/m : ≤ 0.2

7. Teneur en impuretés insolubles dans l'éther de pétrole % m/m : ≤ 0.1

II- Composition autorisée en acides gras déterminée par chromatographie en phase gazeuse (%m/m d'esters méthyliques)

- Acide myristique $\leq 0,05$
- Acide palmitique 7,5 - 20,0
- Acide palmitoleique 0,3-3,5
- Acide heptadecanique $\leq 0,3$

- Acide heptadecenoique $\leq 0,3$
- Acide stéarique 0,5 - 5,0
- Acide oléique 55,0 - 83,0
- Acide linoléique 3,5-21,0
- Acide linolenique $\leq 1,0$
- Acide arachidique $\leq 0,6$
- Acide gadoleique (eicosenoique) $\leq 0,4$
- Acide behenique $\leq 0,2$ (≤ 0.3 pour les huiles de grignons d'olive)
- Acide lignocerique $\leq 0,2$

III- Teneur en acides gras trans (% des acides gras trans)

Huiles d'olive vierges comestibles:

C18 : 1T [%]

$\leq 0,05$

C18 : 2T + C18 : 3T [%]

$\leq 0,05$

IV- Composition autorisée en stérols et en dialcools triterpéniques

a. Composition en desethylsterols (% des stérols totaux) :

- Cholestérol $\leq 0,5$
- Brassicasterol $\leq 0,1$
- Campesterol $\leq 4,0$
- Stigmastérol Campesterol pour les huiles comestibles
- Delta -7- stigmastenol $\leq 0,5$
- 93% pour : Beta-sitosterol + delta -5-, avenasterol + delta -5-23-, stigmastadienol + clerosterol +, sitostanol + delta -5-24 et stigmastadienol

b. Teneur minimale en stérols totaux (mg/kg) : 1000

c. Teneur maximale en érythrodiol et uvaol (% des stérols totaux) : $\leq 4,5$

➔ Lorsque l'huile présente une teneur en cires comprise entre 300 et 350 mg/kg elle est considérée comme huile d'olive vierge lampante si son

contenu en alcools aliphatiques totaux est \leq à 350 mg/kg ou si sa teneur en érythrodiol + uvaol est \leq à 3,5%.

V- Teneur autorisée en cires C40 + C42 + C44 + C46 (mg/kg) : \leq 250

→ Lorsque l'huile présente une teneur en cires comprise entre 300 et 350 mg/kg elle est considérée comme huile d'olive vierge lampante si son contenu en alcools aliphatiques totaux est \leq à 350 mg/kg ou si sa teneur en érythrodiol + uvaol est \leq à 3 5%.

VI- Ecart maximal autorisé entre la teneur réelle et la teneur théorique en triglycérides à ECN 42 : 0,2

VII- Teneur maximale en stigmastadiènes (mg/kg) : 0,10

VIII- Teneur autorisée en 2- glycérylmonopalmitate :

- C16 : $0 \leq 14,0\%$, 2P $\leq 0.9\%$
- C16 : $0 > 14,0\%$, 2P $\leq 1,0\%$

IX- Teneur autorisée en insaponifiable (g/kg) : \leq 15

Méthodes d'analyses :

1. Préparation de l'échantillon pour essai NT : 118.19
2. Détermination de la composition en acides gras NT : 118.04 et NT : 118.05
3. Détection de l'huile de grignons d'olive COI/T.20DOC n°18.
4. Détection d'huiles de graines COI/T.20DOC n° 20, la préparation préliminaire suivant la méthode IUPAC n°2507.
5. Détection d'huiles végétales raffinées COI/T.20DOC n° 11, COI/T.20DOC n° 16.
6. Détermination de la teneur en acides gras trans COI/T.20DOC n°7.
7. Détermination de la composition et de la teneur en stérols totaux COI/T.20.DOC n° 10.
8. Détermination de la teneur en 2-iglycéryl monopalmitate COI/T.20/DOC n°23.
9. Détermination des caractéristiques organoleptiques NT : 118.
10. Détermination de l'acidité libre NT : 118 .27.
11. II. Détermination de l'indice de peroxyde NT : 1 18 .22.

12. Détermination de l'absorbance dans l'ultraviolet NT : 118 .57.
13. Détermination de l'alpha-tocophérol IUPAC n°2.4 32.
14. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles NT : 118 29.
15. Détermination de la teneur en impuretés insolubles dans l'éther de pétrole NT : 118.28.
16. Détermination du point d'éclair Méthode FOSFA.
17. Détection de traces métalliques NT : 118 .104.
18. Détection de traces de solvants halogénés COI/T.20DOC n°8/corr. 1.

10.2 Annexe 2 : Données et hypothèses de la phase agricole

Caractéristiques des champs				
Données de base	Conduite culturale extensive	Conduite culturale semi-intensive	Source des données/référence	Commentaires/ Hypothèses
Localisation géographique du champ	Ghraïba - Sfax	Meknassi – Sidi Bouzid	M. Fendri, le gérant de HMT	-----
Superficie du champ (ha) : S	410	33		-----
Variété cultivée	Chemlali	Chemlali	Grati Kammoun et Khlif, 2002	La variété Chemlali occupe 60% de la surface oléicole en Tunisie
Mode de culture	Biologique	Biologique	M. Fendri, le gérant de HMT	-----
Densité (pied/ha)	17	150		-----
Nombre total de pieds : Np	7000	4500		-----
Production d'olives par pied durant toute sa vie (kg/pied) : Pop	5925	8100	M. Fendri, le gérant de HMT	-----
Durée de vie de l'olivier (an) : Dva	150	80	Mme. Grati Kammoun, maître de recherche à l'institut de l'olivier	C'est une hypothèse relative à la durée de vie productive d'un olivier de variété chemlali en se basant sur des études menées par l'institut de l'olivier
Nombre de campagnes : Nc	140	75		-----
Qualité d'huile produite (% de vierge extra) : Fhve	0,65	0,8	M. Fendri, le gérant de HMT	Les valeurs de la culture extensive sont basées sur des statistiques de production. Celles de la culture semi-intensive reposent sur des hypothèses en comparaison avec des cultures similaires
Consommation du gasoil lors de la préparation des creux	-----	0,175 L/creux		C'est une approximation

Distance parcourue pour l'irrigation de la culture extensive (km/pied/an)	0,2984	-----	-----	Nous avons considéré que l'irrigation se fait par un tracteur avec une citerne de 5m ³ et que l'irrigation se fait à fréquence de quatre fois par an à raison de 500 litres pour chaque irrigation par pied (soit 2m ³ par pied par an).
---	--------	-------	-------	--

Composition du fumier (utilisé pour les champs dans le scénario 2)

Teneur en matières sèches du fumier (%)	35%	Etude de caractérisation des fumiers de cheval issus de centres équestres afin d'aider à la décision (http : //www.filierhevalpaca.com/pdf/4.pdf
Fraction de l'azote dans la matière sèche du fumier (%)	1,38%	
Fraction du phosphore total dans la matière sèche du fumier (%)	0,87%	
Fraction de P ₂ O ₅ dans la matière sèche du fumier (%)	1,98%	Masse molaire du P : 31, Masse molaire de l'O : 16 et masse molaire de P ₂ O ₅ est : 142
Fraction du potassium dans la matière sèche du fumier (%)	2,41%	http : //www.filierhevalpaca.com/pdf/4.pdf

Composition du compost produit à partir des grignons humides et utilisées (scénarios 1 et 3)

Humidité du compost (%)	50%	Ce sont des calculs effectués en tenant en compte les valeurs des éléments fertilisants dans les grignons humides (Trigui 2008) et la teneur des matières sèches de la pulpe (35%) et du taux de perte de masse lors du compostage de la pulpe (50%) en plus de l'hypothèse que les éléments fertilisants sont contenus dans la pulpe.
Fraction de l'azote dans la matière sèche du compost (kgN/kg MS du compost)	0,0307	
Fraction du Phosphore dans la matière sèche du compost (kgP ₂ O ₅ /kg MS du compost)	0,0029	

Fraction du Potassium dans la matière sèche du compost (kgK ₂ O/kg MS du compost)	0,0229	
--	--------	--

Préparation des creux pour l'implantation des oliviers (cas de la culture semi-intensive)									
Données de Base	Conduite culturale extensive	Conduite culturale semi-intensive	Source des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario 2	Valeur par UF Scénario 3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
Consommation du gasoil lors de la préparation des creux (litre/creux)	-----	0,175	M, Fendri, le gérant de HMT	C'est une approximation	-----	-----	0,00381546	Fuels	diesel, burned in building machine [MJ] - GLO (Ecoinvent 2.2 : 559)
PCI du gasoil (kcal/kg)	10270		Arrêté du Ministre de l'énergie et des Mines, 1987						
Densité du gasoil	0,844								
Irrigation									
Données de Base	Conduite culturale extensive	Conduite culturale semi-intensive	Source des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario 2	Valeur par UF Scénario 3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
Mode d'irrigation	En pluvial (irrigation uniquement pendant les 5 premières années)	Goutte-à-goutte	M. Fendri, le gérant de HMT et fournisseur du matériel d'irrigation	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Réseau d'irrigation	-----	Tuyau en PEHD[1] (l'équivalent de 2 tonnes : 42000 m de tuyau, densité 0,92 et d'épaisseur 1,5 mm et de diamètre 16 mm, y compris les raccords) ayant une durée de vie de 10 ans soit 3,56 kg par pied		M. Fendri, le gérant de HMT et le fournisseur du matériel d'irrigation	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		Quantité de tuyau (kg/pied)	3,56		-----	-----	-----	0,00214225	Plastics	polyethylene, HDPE, granulate, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1829)
Réseau d'irrigation	-----	Bassin d'alimentation en béton de volume 350 m ³ (l'équivalent de 50 m ³ de béton plein) ayant une durée de vie de 40 ans		M. Fendri, le gérant de HMT	C'est une approximation	-----	-----	0,0000133 7	Construc tion & insulatio n	concrete, normal, at plant [m ³] - CH (Ecoinvent 2.2 : 504)
		Quantité de béton (m ³ /pied)	0,0222 222							
Quantité d'eau utilisée pour l'irrigation (m ³ /pied/an)	2	28		M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,0085497	0,00854973	1,34793110	Resource use	Water, well, in ground, raw, in water [m ³] (Ecoinvent substances :3906)
	Utilisation du tracteur avec citerne de capacité 5m ³ pour l'irrigation	-----			C'est une approximation	0,0025512	0,00255124	-----	Agro- based	transport, tractor and trailer [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2 : 188)

Source d'eau	Eau de puits	Eau de forage à 212 m de profondeur et de débit 30 L/s		-----	-----	-----	-----	-----	-----
Consommation d'énergie (kWh/pied/an)	-----	13		-----	-----	-----	0,62582515	Electricity	Electricité TN [kWh]
Quantité d'eau consommée (m ³ /pied/an)	Efficacité d'acheminement égale à 1 et l'efficacité d'application est égale à 0,6	Efficacité d'acheminement égale à 1 et l'efficacité d'application est égale à 0,9	FAO (1989) Irrigation Water Management : Irrigation Scheduling. Training manual no. 4, Annex I : Irrigation efficiencies. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. http : //www.fao.org/docrep/T7202E/t7202e08.htm	Nous supposons que l'efficacité d'acheminement pour la culture extensive est égale à 1 car l'acheminement se fait par citerne (pas de pertes lors du transport). Nous considérons que 50% des pertes par acheminement sont de l'évaporation (50% par percolation) - avec l'hypothèse que l'eau est ici acheminée vers la parcelle/plante avec un canal de terre. Nous considérons que 100% de l'eau mise à disposition de la plante est évaporée ou	0,0051298	0,00512984	1,21313799	Water	Consumed water, output [m ³] (Quantis Water DB CF :1004982)

				transpirée.					
--	--	--	--	-------------	--	--	--	--	--

Fertilisation										
Données de Base	Conduite culturale extensive		Conduite culturale semi-intensive		Source des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent
Quantité du compost/fumier (kg/pied/an)	3		Age de l'arbre de 0 à 5 ans (4 kg/pied/an)	14,3125	M. Fendri, le gérant de HMT	Utilisation du fumier que pour le scénario 2. Alors que pour les scénarios 1 et 3, le compost utilisé est celui produit à partir du grignon humide.	0,3847378	0,3847378	0,68900942	Fertilisers & pesticides compost, at plant [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 58)
			Age de l'arbre de 5 à 80 ans (15 kg/pied/an)							
Composition du compost/fumier	Emission de N ₂ O dans l'air (kg/kg N)	0,031	Emission de N ₂ O dans l'air (kg/kg N)	0,031	Blonk 2011	-----	0,0001832	5,7607E-05	0,00032802	Fertilisers & pesticides Dinitrogen monoxide, air, emission in low population area [kg] (Ecoinvent substances :2815)
	Emission de NH ₃ dans l'air (kg/ kg N)	0,05	Emission de NH ₃ dans l'air (kg/ kg N)	0,05	Nemecek et al. 2012	-----	0,0002954	9,2914E-05	0,00052906	Fertilisers & pesticides Ammonia, air, unspecified emission location [kg] (Ecoinvent substances : 2583)

	Emission de NO ₃ ⁻ dans l'eau (kg/kg N)	1,1	Emission de NO ₃ ⁻ dans l'eau (kg/kg N)	1,1	ecoinvent 'Wheat grains, at farms/US U'	-----	0,0064993	0,00204411	0,01163934	Fertiliser s & pesticides	Nitrate, water, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :5069)
	Emission de PO ₄ ³⁻ dans l'eau (kg/kg P ₂ O ₅)	0,031	Emission de PO ₄ ³⁻ dans l'eau (kg/kg P ₂ O ₅)	0,031	ecoinvent 'Wheat grains, at farms/US U'	-----	1,704E-05	8,2593E-05	3,0513E-05	Fertiliser s & pesticides	Phosphate, water, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :5141)
	Emission du phosphore dans l'eau (kg/kg P ₂ O ₅)	0,0096	Emission du phosphore dans l'eau (kg/kg P ₂ O ₅)	0,0096	ecoinvent 'Wheat grains, at farms/US U'	-----	5,276E-06	2,5577E-05	9,4493E-06	Fertiliser s & pesticides	Phosphorus, water, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :5149)
Mode d'épandage	Age de l'arbre de 0 à 5 ans	manuel	Age de l'arbre de 0 à 5 ans	Mécanique (280 L de gasoil/an)	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,0075115	0,00751155	0,00035303	Agro-based	fertilising, by broadcaster [ha] - CH (Ecoinvent 2.2 : 156)
	Age de l'arbre de 5 à 150 ans	Mécanique (0,057 L de gasoil/pied/an)	Age de l'arbre de 5 à 80 ans	Mécanique (0,233 L de gasoil/pied/an)		-----					

Entretien du sol									
Données de Base	Culture extensive	Culture semi intensive	Sources des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
Mode	Mécanique	Mécanique	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,0450693	0,04506928	0,0035303	Agro-based	tillage, harrowing, by rotary harrow [ha] - CH (Ecoinvent 2.2 : 182)
Nombre de passages par an : np	6	10		-----					

Quantité de gasoil (L/pied/an)	2,5	0,5		-----	75,115475	75,1154747	3,53029573	Resourc e use	Occupation, arable, non- irrigated, raw, land [m2a] (Ecoinvent substances : 3745)
-----------------------------------	-----	-----	--	-------	-----------	------------	------------	------------------	---

Taille des arbres												
Données de Base		Culture extensive		Culture semi intensive		Sources des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
Valorisation des déchets de tailles pour l'alimentation du bétail	Quantité de déchet de taille (kg/pied/an)	Age de 0 à 10 ans	0	Age de 0 à 5 ans	3	M. Fendri, le gérant de HMT et Mme. Kammoun, maître de recherche à l'institut de l'olivier	Les déchets de taille sont récupérés par les agriculteurs pour l'alimentation de leur bétail. Selon Nefzaoui, 1991, ce substrat a une valeur nutritionnelle comparable à celle du foin. D'après A,BOUAT, 20% des déchets de taille sont constitués de feuilles et brindilles et sont valorisés pour l'alimentation du bétail alors que 80% des déchets de tailles sont constitués de bois dont 50% sont valorisés comme combustible.	-1,0452043	-1,0452043	-	Agro-base d	hay extensive, at farm [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 210)
		Age de 10 à 25 ans	5	Age de 5 à 10 ans	15							
		Age de 25 à 90 ans	20	Age de 10 à 20 ans	30							
		Age de 90 à 150 ans	30	Age de 20 à 60 ans	40							
				Age de 60 à 80 ans	30							
		Quantité totale (kg)	4075	Quantité totale (kg)	2590							
	Fraction des feuilles et brindilles	30%				Physiologie de l'olivier relation avec son amélioration culturale (A.BOUAT, maître de			-----	-----	-----	-----

Valorisation énergétique du bois des déchets de taille	Fraction du bois dans le déchet de taille	70%	conférences Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier)		-13,864148	-13,864148	6,20201294	Fuels	heat, hard coal briquette, at stove 5-15 kW [MJ] - RER (Ecoinvent 2.2 : 851)
	Fraction du bois valorisé comme combustible	50%			13,864148	13,8641479	6,20201294	Heating/cooling	logs, hardwood, burned in wood heater 6kW [MJ] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2412)
	PCI du bois (kcal/kg)	3400	Arrêté du ministre de l'énergie et des mines 1987						
	Humidité initiale du bois (%)	50%	http : //www.acqualys.fr/page/tableau-comparatif-pouvoir-calorique-inferieur-pci-des-energies						
	Humidité finale du bois (%)	20%							

Récolte

Données de Base	Culture extensive		Culture semi intensive		Sources des données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
	Age de 0 à 10 ans	0	Age de 0 à 5 ans	0							
Rendement de l'olivier (kg/pied/an)	Age de 0 à 10 ans	0	Age de 0 à 5 ans	0	M. Fendri, le gérant de HMT et Mme. Kammoun, maître	Les valeurs de la culture extensive sont basées sur des statistiques de	-----	-----	-----	-----	-----
	Age de 10 à 25 ans	15	Age de 5 à 20	20							

			10 ans		de recherche à l'institut de l'olivier	production. Celles de la culture semi-intensive reposent sur des hypothèses en comparaison avec des cultures similaires							
	Age de 25 à 90 ans	60	Age de 10 à 20 ans	80									
	Age de 90 à 150 ans	30	Age de 20 à 60 ans	140									
	-----		Age de 60 à 80 ans	80									
Utilisation des filets	20 filets/campagne, en PEHD, de masse 3 kg/filet, ayant une durée de vie de 6 ans		20 filets/campagne, en PEHD, de masse 3 kg/filet		M. Fendri, le gérant de HMT	-----				Plastics	polyethylene, HDPE, granulate, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1829)		
Utilisation des peignes manuels	40 peignes par campagne, en PEHD, de masse 60 g/peigne, ayant une durée de vie de 3 ans		40 peignes par campagne, en PEHD, de masse 60 g/peigne			-----	0,004463	0,00446296	0,00261763				
Utilisation des caisses	2000 caisses/campagne, en PEHD, de masse 1,25 kg/caisse, ayant une durée de vie de 10 ans		2000 caisses/campagne, en PEHD, de masse 1,25 kg/caisse			-----	0,004463	0,00446296	0,00261763			Chemicals & plastics waste	disposal, polyethylene, 0.4% water, to sanitary landfill [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2232)
Ramassage des caisses d'olives à l'intérieur du champ	Consommation de 200 L de gasoil par campagne		Consommation de 200 L de gasoil par campagne			-----	1,0131429	1,01314287	0,97484302			Agro-based	transport, tractor and trailer [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2 : 188)

Distance parcourue par campagne par le tracteur en km : dpc	200	200								
Quantité du plastique totale en kg/pied : Qpl	5,22	4,35								
Gestion de l'olivier en fin de vie										
Données de Base		Culture extensive	Culture semi intensive	Source de données/référence	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario 1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
En fin de vie les oliviers sont arrachés et seront valorisés en menuiserie (20%) et pour la production du charbon (80%)	Masse en bois (kg/arbre)	500	350	Mme. Kammoun, maître de recherche à l'institut de l'olivier	C'est une approximation	-----	-----	-----	-----	-----
	Valorisation du bois en menuiserie (kg/pied)	100	70	M. Fendri, le gérant de HMT	C'est une approximation. Ce matériau substituera l'utilisation d'une quantité équivalente de bois forestier, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ce dernier.	-9,5E-05	-9,5E-05	-4,6803E-05	Wood-based	round wood, primary forest, clear-cutting, at forest road [m3] - BR (Ecoinvent 2.2 : 6729)
	Valorisation énergétique en charbon	400	280	M. Fendri, le gérant de HMT	C'est une approximation. Ce matériau substituera l'utilisation d'une quantité équivalente de	1,5009904	1,50099039	0,7395087	Fuels	hard coal briquette, burned in

Distance entre les champs et l'unité de trituration (km) : d	75	130	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,759857149	0,759857149	1,267295932	Transportation >Operation : freight	Transport,lorry 7,5 -16t, EURO3 [tkm] - RER (Ecoinvent 2.2 : 7300)
--	----	-----	-----------------------------	-------	-------------	-------------	-------------	---	---

10.4 Annexe 4 : Données et hypothèses du procédé de trituration

	Chaîne continue 2 phases	Chaîne continue 3 phases	Source des données
--	-----------------------------	--------------------------------	-----------------------

Capacité de trituration (t/h)	2,5	1,5	M. Fendri, le gérant de HMT
Nombre d'heures de travail par jour (h/j)	10	10	
Durée de la campagne (mois)	3	3	
Capacité de trituration par campagne (T/campagne)	2250	1350	
Durée d'un cycle de trituration (h)	1	1	
Rendement (t d'huile/t d'olive) : rh	0,1974		
Densité d'huile : dho	0,916		
Quantité du fond de cuve/lie (assimilé aux margines en kg/tonne d'olive) : qfl	2,6		

	Chaîne continue 2 phases	Chaîne continue 3 phases	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario1	Valeur parUF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
								Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Puissances électriques des équipements de la chaîne (kW)									

Effeillage	0,75		Plaques signalétiques des équipements	En l'absence de données relatives aux consommations spécifiques par machine en énergie électrique, nous nous sommes basés sur les puissances électriques des équipements et les temps de fonctionnement de ces derniers afin d'estimer leurs consommations spécifiques	0,005977543	0,00996257	0,00575157	Electricity	Electricité TN [kWh]
	2,2								
Lavage	3,75				0,008348297	0,01391383	0,00803271		
	0,37								
Broyage	2,25				0,055824172	0,09304029	0,05371385		
	25,3								
Malaxage	0,75				0,024315429	0,04052571	0,02339623		
	9								
	2,25								
Décantation	3,45				0,079268298	0,14184000	0,07627172		
	33								
	0,27								
	----	0,75							
	2,4	4,8							
Séparation	0,75	1,5	0,025835143	0,08848114	0,02485850				
	-	12,7							
	12	12							

Quantité d'eau utilisée (kg/tonne d'olive)

Lavage	140		M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,709200006	0,709200006	0,682390117	Water	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2)
Décantation	----	333		-----	0	1,686882871	0		
Lavage de la chaîne	80	13		-----	0,405257146	0,065854286	0,38993721		

Lavage des cuves de stockage d'huile	2	-----	0,010131429	0,010131429	0,00974843	: 2288)
Lavage des caisses	40	-----	0,202628573	0,202628573	0,194968605	

Quantité de détergent utilisée (g/tonne d'olive)

Lavage des caisses		25	M. Fendri, le gérant de HMT	Les eaux usées de lavage sont déversées directement dans la nature	0,000126643	0,000126643	0,000121855	Washing agents	soap, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 2003)
Lavage des cuves de stockage d'huile	Soude	25		0,000126643	0,000126643	0,000121855	Washing agents	soda, powder, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 325)	
	Savon	30		0,000151971	0,000151971	0,000146226	Washing agents	soap, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 2003)	

Utilisation du grignon pour la production d'eau chaude (malaxage)

Quantité de grignon utilisée pour la	Quantité (kg)	15	30	M. Fendri, le gérant de HMT	1,270481154	2,223342019	1,222453153	Heating/cooling	logs, hardwood, burned in wood heater, 6kW [MJ] -
--------------------------------------	---------------	----	----	-----------------------------	-------------	-------------	-------------	-----------------	---

production d'eau chaude (kg/t d'olive)	PCI (kcal/kg)	4000	3500	Arrêté du ministre de l'énergie et des mines 1987						CH (Ecoinvent 2.2 : 2412)
		15 kg de noyaux, soit l'équivalent de 75 kg de grignon humide	30 kg de grignon sec (soit l'équivalent de 54,5 kg de grignon frais)	M. Fendri, le gérant de HMT						

Infrastructures de l'unité de trituration

Une surface couverte et bétonnée de 2000 m ² (murs : 20000 briques, soit : 120 T, 1500 T de béton armé de densité 2,25 T/m ³ (fondation + poteaux + dalle), mortier pour collage et enduit : 150 T), peinture : 360 kg/3ans	Quantité de peinture (kg)	360	M. Fendri, le gérant de HMT	C'est une estimation des quantités de matériaux nécessaires et une durée de vie de l'installation de 50 ans					alkyd paint, white, 60% in H ₂ O, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1669)
	Durée de vie de peinture (ans)	3			0,000270171	0,000450286	0,000259958	Chemicals	
	Quantité de briques (kg)	120000			0,005403429	0,009005714	0,005199163	Construction & insulation	
	Durée de vie de briques (ans)	50			0,000151971	0,000253286	0,000146226	Construction & insulation	
	Quantité de béton (m ³)	3375			0,006754286	0,011257143	0,006498953	Construction & insulation	
	Durée de vie de béton (ans)	50							
	Quantité de ciment (kg)	150000							
	Durée de vie de ciment (ans)	50							

10.5 Annexe 5 : Données et hypothèses de la gestion des grignons humides (scénarios 1 et 3)

	Données	Source des données
Procédé de trituration	Chaîne continue 2 phases	M. Fendri, le gérant de HMT
Capacité de trituration (t d'olive/h)	2,5	
Quantité de grignon produite (kg/t d'olive) (t/h)	796	
	1,99	
Humidité (%)	65	
Teneur en huile résiduelle (%)	4	

	Données	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario1	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent
						Caractérisation sur Ecoinvent
Stockage et dénoyautage						
Puissance de la pompe de refoulement vers dénoyauteuse (kW)	7,5	Plaques signalétiques des équipements	En l'absence de données relatives aux consommations spécifiques par machine en énergie électrique, nous sommes basés sur les puissances électriques des équipements et les temps de fonctionnement de ces derniers afin d'estimer leurs consommations spécifiques	0,085711886	0,08247172	Electricité TN [kWh]
Puissance de dénoyauteuse (kW)	30					
Puissance de la pompe d'évacuation de pulpe (kW)	2,4					
Puissance de la pompe d'évacuation de noyaux (kW)	2,4					
Puissance globale (kW)	42,3					

Gestion des noyaux							
	Données		Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario1	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation sur Ecoinvent
Quantité de noyaux (kg/t d'olive)	159,2		M. Fendri, le gérant de HMT	-----	-----	-----	-----
Quantité de noyaux utilisée pour la chaudière(kg/t d'olive)	15			C'est une approximation. Les impacts évités dus à l'utilisation de noyaux dans la chaudière sont considérés nuls vu que la chaudière ne fonctionne qu'avec du noyau du grignon.	-----	-----	-----
					-----	-----	-----
Vente des noyaux comme combustible	Humidité des noyaux frais (%)	50%	M. Fendri, le gérant de HMT	Ce matériau substituera l'utilisation d'une quantité énergétiquement équivalente de fuel lourd, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ce dernier.	-9,51675083	-9,15698908	heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW [MJ] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1582)
	Humidité des noyaux secs (%)	20%		La combustion de noyaux génère des impacts équivalents à la combustion d'une quantité équivalente de bois.	9,516750827	9,156989085	logs, hardwood, burned in wood heater 6kW [MJ] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2412)
PCI du Noyau (kcal/kg)	4000		Nefzaoui, 1991				
PCI du Gasoil (kcal/kg)	10270		Arrêté du Ministre de l'énergie et des Mines, 1987				

Valorisation des pulpes pour la production du compost									
		Données		Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario1	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation sur Ecoinvent	
Quantité de pulpe utilisée pour la production du compost (kg/t d'olive)		636,8		M. Fendri, le gérant de HMT	-----	-----	-----	-----	
Teneur en matières sèches (%)		35%		-----	-----	-----	-----	-----	
Taux de pertes en masse lors du compostage (%)		50%		-----	-----	-----	-----	-----	
Quantité de compost produite avec 50% d'humidité (kg/t d'olive)		222,88		-----	C'est une estimation en tenant compte de l'humidité initiale et de la perte en masse de la matière fraîche durant le processus de compostage. Une fraction du compost produit à partir de la pulpe est valorisée dans les champs pour les scénarios 1 et 3 ainsi les impacts correspondants sont évalués dans la phase de production agricole	1,129046409	1,086365067	compost, at plant [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 58)	
Vente de l'excédent de compost	Fraction du compost produit et vendu	Scénario 1	0,659	-----	-----	-----	-----	-----	
		Scénario 3	0,366	-----	-----	0,744308612	0,397355645	compost, at plant [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 58)	
Composition des grignons humides en éléments fertilisants (N, P, K)		Azote : N	0,43%	Trigui, 2008	Les grignons humides sont composés de 80% de pulpe humide et 20% de noyaux.	-0,03265844	-0,01743499	ammonium nitrate, as N, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 40)	
		Fraction de l'azote dans l'engrais chimique	35%		-----	-----	-----	-----	-----
		Phosphore : P ₂ O ₅	0,04%		Les éléments fertilisants sont concentrés dans la pulpe.	-0,0022152	-0,00118261	triple superphosphate, as P ₂ O ₅ , at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 57)	

	Fraction de Phosphore dans l'engrais chimique	48%		-----	-----	-----	-----
	Potassium : K ₂ O	0,32%		L'utilisation de pulpe pour la production du compost permettra la substitution d'une quantité équivalente d'engrais chimique, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ces derniers.	- 0,01933269	-0,01032093	potassium nitrate, as K ₂ O, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 51)
	Fraction de Potassium dans l'engrais chimique	44%		-----	-----	-----	-----

10.6 Annexe 6 : Données et hypothèses de la gestion des grignons secs (scénario 2)

	Données	Source des données
Procédé de trituration	Chaîne continue	M. Fendri, le gérant de HMT
	3 phases	

Capacité de trituration (t d'olive/h)	1,5		
Quantité de grignon produite	(kg/t d'olive)		400
	(t/h)		0,6
Quantité de grignon frais utilisée en interne (kg/t d'olive)	54,5		
Quantité produite (kg/t d'olive)	345,5		
Humidité grignon frais (%)	45%		
Teneur en huile résiduelle (%)	4%		
Quantité d'huile résiduelle (kg/t d'olive)	13,82		
PCI du grignon épuisé (kcal/kg)	3500		
PCI du fioul lourd (kcal/kg)	9790		
Densité du fioul lourd	0,965		
Humidité grignon épuisé (%)	10%		
Quantité produite de grignon épuisé (kg/t d'olive)	211,14		

Utilisation interne des grignons pour la chaudière						
	Données	Source des données	Commentaires/hypothèses	Valeur par UF Scénario 2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
					Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent

Quantité de noyaux utilisée pour la chaudière (kg/t d'olive)	30	M. Fendri, gérant de HMT	-----	-----	-----	-----
PCI du grignon (kcal/kg)	3500	Arrêté du ministre de l'énergie et des mines, 1987				

Transport des grignons vers l'unité d'extraction d'huile de grignon

	Données		Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
						Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Transport vers l'usine d'extraction d'huile de grignon	Distance entre l'unité de trituration et l'unité d'extraction (km)	30	M. Fendri, gérant de HMT	Transport à une distance de 30 km à l'aide d'un camion de capacité 10 tonnes	0,121577144	Operation : freight	transport, lorry 7.5-16t, EURO3 [tkm] - RER (Ecoinvent 2.2 : 7300)

Extraction d'huile de grignon

	Données	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
					Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent

Séchage	Séchage du grignon jusqu'à 10 % d'humidité	Four à grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	-----	-----	-----
	Quantité de grignon épuisé utilisée pour le séchage (kg/tonne d'olive)	140 kg/t de grignon 48,37		-----	3,584768448	Heating/cooling	logs, hardwood, burned in wood heater 6kW [MJ] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2412)
	Quantité d'électricité (kWh/tonne d'olive)	8,75 kWh/ t de grignon 3,02		-----	0,015314288	Electricity	Electricité TN [kWh]
Extraction	Quantité d'hexane utilisée (litre/ t d'olive)	6 L/t de grignon 2,07	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	0,006930809	Chemicals	hexane , at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 6120)
	Densité de l'hexane (kg/litre)	0,66		-----	0,006930809	Chemicals	hexane, air, emission in low population area, long-term [kg] (Ecoinvent substances : 2996)
	Quantité d'eau (eau de SONEDE) en litre/ t d'olive	30 L/t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	0,052506129	Water	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 2288)
		10,37		-----	0,052506129	Wastewater	disposal, refinery sludge, 89,5% water, to sanitary landfill [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2237)
	Quantité d'électricité (kWh/kg)	5 kWh/ t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	0,008751022	Electricity	Electricité TN [kWh]
		1,73		-----	0,008751022	Electricity	Electricité TN [kWh]
Raffinage d'huile (acidité<25%)							

		Données	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
						Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Neutralisation	Quantité de soude utilisée (kg/t d'olive)	1 kg/t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	0,001225143	Chemicals	soda, powder, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 325)
	Quantité de soude utilisée (kg/t d'olive)	0,35	Guide environnemental dans diverses branches d'industries (GIZ, 2004)	La soude et l'acide phosphorique sortent avec les mucilages et les produits saponifient suite à une opération de centrifugation. Ces rejets pâteux sont évacués dans le sol	0,000704457	Emissions to soil	Sodium, soil, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :4145)
Neutralisation	Quantité d'acide phosphorique utilisée (kg/t d'olive)	0,04 kg/t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	-----	4,90057E-05	Chemicals	phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 311)
		0,014	Guide environnemental dans diverses branches d'industries (GIZ, 2004)	La soude et l'acide phosphorique sortent avec les mucilages et les produits saponifient suite à une opération de centrifugation. Ces rejets pâteux sont évacués dans le sol	1,55018E-05	Emissions to soil	Phosphorus, soil, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :4112)
	Quantité d'électricité (kWh/tonne d'olive)	2,5 kWh/ t de grignon 0,86	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon	-----	0,003062858	Electricity	Electricité TN [kWh]

Décoloration	Quantité de terre décolorante utilisée (kg/ t d'olive)	0,8 kg/t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)	En l'absence d'un jeu de donnée sur la base Ecoinvent relatif à la terre décolorante, nous avons supposé que le kaolin en tant que matériau à base d'argile ayant un procédé de production qui n'est pas très loin de celui de la terre décolorante, sera modélisé à la place de cette dernière	0,000980114	Chemicals	kaolin, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 293)
		0,28			0,000980114	Chemicals and plastics waste	disposal, limestone residue, 5% water, to inert material landfill [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2074)
	Quantité d'électricité (kWh/tonne d'olive)	2,5 kWh/ t de grignon	-----		0,003062858	Electricity	Electricité TN [kWh]
		0,86					
Désodorisation	Quantité d'eau(eau de SONEDE) en litre/t d'olive	40 L/t de grignon	Guide environnemental dans diverses branches d'industries (GIZ, 2004)	-----	0,04900572	Water	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 2288)
		13,82			0,04900572	Wastewater	disposal, refinery sludge, 89,5% water, to sanitary landfill [kg] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2237)
	Quantité de fioul lourd utilisée pour la chaudière à vapeur (litre/t d'olive)	0,4 L/t de grignon	Le gérant de l'unité d'extraction d'huile de grignon «Gro-Zitex» à Agareb et revue bibliographique (Trigui, 2008)		0,000472905	Fuels	heavy fuel oil, burned in refinery furnace [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1592)
		0,14					
	Quantité de grignon épuisé pour la chaudière à vapeur (kg/t d'olive)	12 kg/t de grignon			0,215086107	Heating/cooling	logs, hardwood, burned in wood heater 6kW [MJ] - CH (Ecoinvent 2.2 : 2412)
		4,15					
Quantité d'électricité (kWh/tonne d'olive)	6,25 kWh/t de grignon		0,007657144	Electricity	Electricité TN [kWh]		
	2,16						

Vente de l'huile raffinée							
Pourcentage de l'huile raffinée (%)		70%	-----	-----	-0,04900572	Chemicals	soya oil, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2 : 444)
Gestion des grignons épuisés							
		Données	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
						Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Valorisation énergétique au sein de l'unité d'extraction et de raffinage	Quantité de grignon valorisée à l'intérieur de l'unité d'extraction (kg/t d'olives)	52,52	Le gérant de l'unité d'extraction	L'utilisation de grignon épuisé au sein de l'unité d'extraction permettra la substitution d'une quantité énergétiquement équivalente de fuel lourd, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ce dernier.	-3,8920343151	Fuels	heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW [MJ] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1582)
Vente de l'excédent du grignon épuisé comme combustible	Quantité de grignon épuisé vendue comme combustible (kg/t d'olives)	158,62		L'utilisation de l'excédent du grignon épuisé comme combustible substituant une quantité énergétiquement équivalente de fuel lourd, évitant ainsi les impacts négatifs dus à la production de ce dernier.	-11,75576447	Fuels	heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW [MJ] - RER (Ecoinvent 2.2 : 1582)
	-----	-----		-----	La valorisation de l'excédent du grignon épuisé génère des impacts équivalents à la combustion d'une quantité équivalente de bois	11,75576447	Fuels

Vente d'huile à acidité élevée pour la production du savon (acidité>25%)						
	Données	Source des données	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario2	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
					Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Pourcentage de la quantité d'huile vendue pour la production du savon(%)	30%	C'est une estimation fournie par le gérant de l'unité d'extraction	On suppose que 30% d'huile produite est vendue pour la production du savon	-0,021002452	Agro-based	palm oil, at oil mill [kg] - MY (Ecoinvent 2.2 : 388)

10.7 Annexe 7 : Données et hypothèses de la gestion des margines et des eaux usées de lavage des équipements

Données de base	Chaîne continue 2 phases	Chaîne continue 3 phases	Sources/Références	Commentaires/Hypothèses	Valeur par UF Scénario1	Valeur par UF Scénario2	Valeur par UF Scénario3	Caractérisation des flux de données sur la base Ecoinvent	
								Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Quantité produite (kg/t d'olive)	4	400	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Capacité de stockage du bassin en béton (m ³)	700 (soit l'équivalent de 90 m ³ de béton plein)			Cet ouvrage est utilisé également pour le stockage des margines issues de la trituration des olives d'autres agriculteurs	-----	-----	-----	-----	-----
Transport	Transport vers la décharge d'Agareb à une distance de 30 km à l'aide d'un camion de capacité 30 tonnes			-----	-----	-----	-----	-----	-----
Puissance de la pompe de refoulement (kW)	7,5		Plaques signalétiques des équipements	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Stockage interne des margines (y compris les eaux de lavage de la chaîne)

Données de base		Chaîne continue 2 phases	Chaîne continue 3 phases	Source de données/référence	Commentaires et hypothèses	Valeur par UF scénario 1	Valeur par UF scénario 2	Valeur par UF scénario 3	Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent
Capacité de stockage du bassin en béton (m ³)	Durée de vie (ans)	25		M. Fendri, le gérant de HMT	-----	8,1051E-06	1,35086E-05	7,79874E-06	Construction & insulation	concrete, normal, at plant [m ³] - CH (Ecoinvent 2.2 : 504)
	Quantité de béton (m ³)	90			-----					
Pompe de refoulement	Puissance de la pompe de refoulement (kW)	7,5		Plaques signalétiques des équipements	-----	0,00227957	0,01013143	0,002193397	Electricity	Electricité TN [kWh]
	Durée de fonctionnement (heure/jour)	1,5	4	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Consommation d'électricité (kWh/tonne d'olive)	0,45	2		-----	-----	-----	-----	-----	-----

Transport des margines vers la décharge de Agareb

Transport vers la décharge d'Agareb à une distance de 30 km à l'aide d'un camion de capacité 30 tonnes	Distance entre l'unité de trituration et la décharge (km)	30	M. Fendri, le gérant de HMT	-----	0,06887345	0,270083625	0,066269829	Operation : freight	transport, lorry >28t, fleet average [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2 : 1944)
Gestion des marges au niveau de la décharge									
Déchargement dans les bassins	Quantité débordée (%)	20%	C'est une appréciation suite à une visite rendue sur le site de la décharge	Il est estimé que 20% de la quantité de margine stockée au niveau du bassin déborde et provoquant une pollution du sol et une contamination de la nappe.	-----	-----	-----	-----	-----

	Composition chimique	COV	5%	Nefzaoui, 1991	Nous supposons que toute la quantité de COV est émise dans l'air	0,05739454	0,225069688	0,055224857	Emissions to air	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin, air, emission in high population area [kg] (Ecoinvent substances :3274)			
		Polyphénols	1%		Nous supposons que le phénol induit une pollution de la nappe.	0,00229578	0,009002788	0,002208994	Emissions to water	Phenol, water, ground [kg] (Ecoinvent substances :5127)			
		Azote : N	0,13%		Nous supposons que le nitrate induit une pollution à part égale, aussi bien du sol que de la nappe.	0,00014923	0,000585181	0,000143585	Emissions to soil	Nitrogen, soil, unspecified [kg] (Ecoinvent substances :4096)			
						0,00014923	0,000585181	0,000143585	Emissions to water	Nitrate, water, ground [kg] (Ecoinvent substances :5063)			
		Déchargement dans les bassins	Composition chimique		Phosphore : P ₂ O ₅	0,07%	Nefzaoui, 1991	Nous supposons que le phosphore induit une pollution à part égale, aussi bien du sol que de la nappe.	8,0352E-05	0,00031509	7,73148E-05	Emissions to water	phosphorus, water, ground [kg] (Ecoinvent substances : 5143)
									8,0352E-05	0,00031509	7,73148E-05	Emissions to soil	phosphorus, soil, inspecified [kg] (Ecoinvent substances : 4112)

		Potassium : K_2O	0,29%	Nous supposons que le potassium induit une pollution à part égale, aussi bien du sol que de la nappe.	0,00033289	0,00130540	0,000320304	Emission to water	potassium, ion, water, inspecified [kg] (Ecoinvent substances : 5213)
					0,00033289	0,00130540	0,000320304	Emission to soil	potassium, soil, inspecified [kg] (Ecoinvent substances : 4117)
Gestion des eaux usées de lavage des caisses et des réservoirs de stockage d'huile									
Données de base	Source de données/référence	Commentaires et hypothèses		Valeur par UF scénario 1	Valeur par UF scénario 2	Valeur par UF scénario 3	Flux de données	Caractérisation sur Ecoinvent	
Masse molaire soude (NaOH) : 40, Masse molaire sodium (Na) : 23, Masse molaire phosphore (P) : 31 et Masse molaire acide phosphorique : 98	-----	Nous supposons que la soude et le savon induisent une pollution à part égale, aussi bien du sol que de la nappe (on assimile le rejet de savon à celui de la soude).		0,00011651	0,000116511	0,000112107	Emissions to soil	Sodium, soil, inspecified [kg] (Ecoinvent substances :4145)	
				0,00011651	0,000116511	0,000112107	Emission to water	Sodium, formate, water, ground [kg] (Ecoinvent substances :5842)	