



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

Domaine d'action « Analyse du Cycle de Vie »

Rapport technique d'évaluation de l'impact environnemental des dattes conventionnelles et des dattes biologiques

Secteur industriel Agro-alimentaire

Entreprise : VACPA



Groupe de travail :

Expertise nationale : Mme Naziha Hassine, Mme Sonia NaitRahou

Expertise internationale : M. David Rochat, Mme Kenza Benabderrazik



Version Juillet 2014

Tables des matières

1. Résumé	5
2. Introduction	6
2.1 Contexte PPPT	6
2.2 Objectif pour le secteur agroalimentaire choisi	6
2.3 La production de dattes	7
2.4 Objectifs de cette analyse du cycle de vie	8
3. Méthodes- Fonction de l'analyse du cycle de vie	9
3.1. Outils utilisés	9
3.2. Méthodologie générale selon la norme ISO 14040	10
3.3 Méthode d'analyse des impacts environnementaux choisis	11
4. Définition des objectifs et du champ de l'étude	12
4.1 Unité fonctionnelle	12
4.2 Frontières et étapes du système	12
5. Analyse de l'inventaire du cycle de vie	17
5.1 Description des 2 produits	17
5.2 Inventaire du cycle de vie	18
5.3 Hypothèses	19
6. Performance environnementale de la datte VACPA	21
6.1. Vue d'ensemble des résultats d'écobilan	21
6.2. Vue d'ensemble - Dattes conventionnelles	25
6.3 Vue d'ensemble Dattes Bio	31
6.4 Parties Communes	35
7. Analyse comparative	39
7.1 Comparaison entre les deux phases de production de dattes conventionnelles et dattes Biologiques	39
7.2 Comparaison entre les deux phases de conditionnement- Biologique et Conventionnel (Scenario2015 : phostoxin)	41
7.3 Comparaison entre les deux phases de conditionnement- scénario de substitution de R22 par le R407C	42
8. Conclusion et Recommandations	44
9. Annexes	46
9.1 Inventaire de cycle de vie détaillé – Production agricole	46
9.2 Inventaire de cycle de vie détaillé – Conditionnement	49
9.3 Compléments d'informations – Outils de l'ACV	51

Liste des tableaux

Tableau 1: Données relatives aux caractéristiques globales des champs de production des dattes.	17
Tableau 2: Particularités selon les types de dattes	17
Tableau 3: Les hypothèses	19
Tableau 4: Résultats des écobilans des dattes conventionnelles et des dattes Biologique selon les catégories d'impacts	21
Tableau 5: Résultats des écobilans des phases de production et conditionnement selon les catégories d'impacts.....	22
Tableau 6: Inventaire des 5 premières années de développement du palmier-production conventionnelle	46
Tableau 7: Inventaire de la phase de production du fruit conventionnel.....	47
Tableau 8: Inventaire des 5 premières années de développement du palmier- production Biologique	47
Tableau 9: Inventaire de la phase de production du fruit Biologique	48
Tableau 10: Inventaire de la phase de conditionnement du fruit conventionnel	49
Tableau 11: Inventaire de la phase de conditionnement du fruit Biologique.....	50
Tableau 12: Mix tunisien.....	51
Tableau 13: Inventaire de cycle de vie détaillé –Transport	51
Tableau 14: Catégories intermédiaires d'impacts et substances de référence.....	52
Tableau 15: Facteurs et unités de dommages.....	53
Tableau 16: Les produits de substitution du Bromure de Méthyle.....	54
Tableau 17: Composition chimique des constituants du R407C	55

Liste des figures

Figure 1: Relation entre les différentes étapes du processus (ISO 14040)	10
Figure 2: Limites du système étudié pour la production et le conditionnement des dattes	13
Figure 3: Vue générale d'un kg des dattes conventionnelles	25
Figure 4: Résultat de l'Écobilan détails de la production agricole (dattes conventionnelle)	25
Figure 5: Résultat de l'écobilan détails la Production des fruits : dattes conventionnelles.....	25
Figure 6: Résultat de l'écobilan détails de l'irrigation	26
Figure 8: Emissions à effet de serre de la production de nitrate d'ammonium à différents niveaux de technologie de production	27
Figure 7: Résultat de l'écobilan détails de l'utilisation des produits de croissance	27
Figure 9: Résultat de l'écobilan détails de la phase de conditionnement	28
Figure 10: Résultat de l'écobilan de la phase de fumigation	28
Figure 11: Résultat de l'écobilan de la phase de refroidissement et de stockage	29
Figure 12: Résultat de l'écobilan de l'étape traitement thermique /hydratation et séchage	30
Figure 13: Résultat de l'écobilan de l'étape traitement de fruit.....	30
Figure 14: Vue générale de la production des dattes biologique.....	31
Figure 16: Résultat de l'écobilan de la phase production des fruits « dattes biologiques »	31
Figure 15: Résultat de l'écobilan de la phase production « dattes biologiques ».....	31
Figure 17: Résultat de l'écobilan détails de l'utilisation des produits de croissance	32
Figure 18: Résultat de l'écobilan détails du traitement des fruits « dattes biologiques »	33
Figure 19: Résultat de l'écobilan détails de l'étape refroidissement.....	34
Figure 20: Résultat de l'écobilan détails de l'étape mise en emballage et étiquetage	35
Figure 21 : Comparaison des deux types d'emballage	35
Figure 22: Résultat de l'écobilan détails de l'étape « gestion des déchets »	37
Figure 23: Résultat de l'écobilan détails de l'étape du transport	38
Figure 24: Résultat de l'écobilan de l'étude comparative entre la production des dattes bio et conventionnelles.....	39
Figure 25: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur la santé humaine.....	39
Figure 26: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur l'écosystème	40
Figure 27: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur le changement.....	40
Figure 28: Résultat de l'écobilan de l'étape de désinsectisation en utilisant le phostoxin (SC2015).....	41
Figure 29: Résultat de comparaison de l'écobilan des deux types de conditionnement : fumigation par le phostoxin et la congélation	42
Figure 30: Résultat de l'écobilan détails refroidissement/stockage en utilisant le R407C.....	43
Figure 31: Résultat de comparaison de l'Écobilans des deux types de refroidissement : R22 et R407C	43
Figure 32: Schéma général de la méthode IMPACT 2002+ (Jolliet et al., 2003)	52

1. Résumé

L'accompagnement de l'entreprise VACPA à la réalisation d'une Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour les deux produits «dattes Deglet Nour conditionnées conventionnelles » et «dattes Deglet Nour conditionnées biologiques », s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du Projet de Production Propre Tunisien (PPPT).

L'objectif de cette étude est d'exploiter les résultats afin de connaître l'impact global des dattes Deglet Nour conditionnées de l'usine VACPA et d'aider éventuellement à la mise en place de critères écologiques pour le produit «dattes conditionnées».

Les résultats de l'ACV peuvent être utilisés comme outils de communication ou d'aide à la décision pour de nouvelles politiques industrielles ou publiques «éco-conception» de produits, hiérarchisation de filières de valorisation de déchets, critères d'écolabellisation de produits, etc).

Les écobilans obtenus de deux (02) ACV d'un kilogramme de dattes (unité fonctionnelle) produites dans la région de Tozeur, conditionnées dans la région de Beni Khaled et destinées à l'exportation permettent d'identifier les constats suivants:

- ✓ Au niveau de la phase agricole: l'utilisation des engrais chimiques à savoir le DAP, le Max-phosphore et les fongicides engendrent des impacts importants sur l'environnement et la santé humaine.
- ✓ Au niveau de la phase de conditionnement:
Les principaux éléments et/ou étapes de production relatives au conditionnement des dattes conventionnelles ou biologique et ayant des impacts prépondérants sont les suivants:
 - Une consommation importante d'énergie tout au long de processus de conditionnement;
 - L'utilisation des fluides frigorigènes (R22) dans les étapes de congélation et de refroidissement, ces derniers engendrent des Emission des gaz à effet de serre;
 - L'utilisation du bromure de méthyle dans la phase de fumigation : L'échappement de ce produit provoque des impacts nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement.

Les premières recommandations qui peuvent être suggérées à l'entreprise VACPA :

- Utiliser les fumiers à base végétale ou animale en substituant les pesticides et les fongicides ;
- Optimiser la gestion de la consommation énergétique, en vue de minimiser les pertes et de diminuer la consommation globale;
- Encourager le plus possible l'approvisionnement en énergies renouvelables;
- Substituer l'utilisation de bromure de méthyle par un autre produit ayant moins d'impact sur la santé humaine, le changement climatique et l'écosystème, à savoir le phostoxin et le dioxyde de carbone.
- Substituer le R22 par des produits moins nocifs sur l'environnement à savoir, le R-407C.

2. Introduction

2.1 Contexte PPPT

Le domaine d'action « Analyse du Cycle de Vie » est une composante du Projet de Production Propre Tunisien (PPPT), mené par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI), 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).

Ce domaine d'action vise la réalisation de 5 à 6 ACV pour des produits phares tunisiens dans le secteur de l'agroalimentaire, en s'intéressant aux Dattes Deglet Nour (conventionnelle et biologique), à l'huile d'olive (extraction biphasique et extraction triphasique) et l'Harissa;

Ces analyses seront effectuées par des experts nationaux du CITET avec le soutien d'experts internationaux et permettront ainsi de développer un pôle d'expertise national et de promouvoir la méthode en Tunisie.

2.2 Objectif pour le secteur agroalimentaire choisi

2.2.1 Mise en place d'un Ecolabel Tunisien

De par sa définition par le décret n°1355-2007 du 04 juin 2007, l'Ecolabel Tunisien est accordé aux produits qui justifient des plus hauts niveaux de qualification du point de vue de la protection de l'environnement, qui font preuve d'efforts remarquables dans l'utilisation des technologies propres et qui présentent, le cas échéant, les plus larges opportunités de durée dans leur cycle de vie. L'attribution s'effectue sous réserve de conformité à la réglementation en vigueur en matière de normalisation et de qualité.

C'est un système de certification facultatif délivré suite à la vérification de la conformité du produit à un ensemble de critères techniques et écologiques pendant tout son cycle de vie.

Le CITET a commencé depuis l'année 2009 à élaborer les critères techniques et écologiques des dattes conditionnées. Un projet de critères a été validé par le comité technique restreint.

2.2.2 La communication environnementale d'entreprise

Dans le cadre du projet « Communication environnementale d'entreprise – COME » que le CITET réalise en partenariat avec l'Agence Nationale de l'Environnement (ANPE) et la coopération (GIZ), l'entreprise VACPA était parmi les entreprises qui ont bénéficié des actions de formation et d'accompagnement sur site et ce, afin d'élaborer et réaliser des activités de communication environnementales.

Les orientations possibles de communication environnementale par l'entreprise sont les suivantes:

1. l'entreprise parle d'elle-même dans le cadre de son engagement pour l'environnement, ce qui correspond à la communication institutionnelle ou corporate (image verte et reporting environnemental ou socio-environnemental)
2. l'entreprise utilise l'environnement comme argument de vente, ce qui correspond à la notion de « marketing vert »
3. l'entreprise sensibilise ses publics en matière d'environnement, ce qui correspond à la notion de « marketing social » (éducation environnementale).

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est un outil primordial pour évaluer les impacts environnements d'un produit au cours de sa vie, ses résultats peuvent être utilisés par l'entreprise afin de mettre en place des moyens d'affichage et de communication sur les performances environnementales.

2.3 La production de dattes

2.3.1 Enoncé des particularités du produit sur le marché tunisien

Le conditionnement des dattes figure parmi les activités prioritaires de première transformation agricole.

En Tunisie, la branche de conditionnement de dattes occupe depuis plusieurs années une place importante dans la balance commerciale agroalimentaire.

Elle constitue également une source de revenus appréciable pour les agriculteurs du sud tunisien et joue un rôle social stratégique dans l'équilibre des systèmes de production des oasis.

La production nationale de dattes est estimée en moyenne à 110.000 tonnes, dont 63% du type Deglet Nour. La production est concentrée dans les régions de Tozeur et Kébili qui détiennent 85% des palmiers dattiers du pays. 35% de la production est exportée et procure une source de devise importante (100 MTND/an) soit l'équivalent de 16% des exportations de produits agroalimentaires (¹).

2.3.2 Choix de nos produits

La **Deglet Nour** est la principale variété tunisienne. Elle est très prisée par le marché à l'exportation. Elle possède des caractéristiques organoleptiques spécifiques et peut être conservée assez longtemps sous forme branchée. Elle a également un intérêt économique prépondérant sachant que son prix est largement plus élevé que les autres variétés de dattes.

La Tunisie est le premier exportateur en valeur de dattes DegletNour dans le monde, et le deuxième producteur après l'Algérie.

¹Référence : www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/Guides/IAA/8.pdf.

L'industrie de conditionnement des dattes est définie comme étant l'ensemble des opérations de triage, traitement et emballage effectuées après la cueillette. Elle se fait dans des stations de conditionnement (usines) qui permettent de traiter, trier, et présenter un produit fini dans un emballage approprié constitué de dattes entières de même catégorie prêtes à la consommation. Malheureusement, le conditionnement concerne principalement les dattes destinées à l'exportation, celles destinées au marché local sont généralement vendues en vrac.

Le conditionnement joue un rôle important dans la conservation de la qualité des dattes. Il permet de les traiter et de les protéger contre toutes altérations extérieures, c'est pour cela, qu'il est conseillé de conditionner les dattes avant leur commercialisation.

2.4 Objectifs de cette analyse du cycle de vie

L'Objectif de cette ACV est d'évaluer les impacts environnementaux générés par la production, le transport et le conditionnement de dattes.

Il sera également question de **comparer deux modes de production et de conditionnement** en s'intéressant aux dattes conventionnelles d'une part et aux dattes biologiques d'autre part.

L'évaluation des impacts permettra notamment de situer le produit sur le marché international et d'améliorer sa compétitivité économique. 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).

De plus, les résultats de l'ACV peuvent également être utilisés comme un excellent outil pour la mise en place d'un système de management environnemental SME (ISO 14001 par exemple) et/ou l'entretien des indicateurs de performance environnementale de l'entreprise si le SME est déjà existant.

Enfin 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 tunisiens, 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 écolabellisation.

3. Méthodes- 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, quelles sont 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 d'élaborer les critères techniques et écologiques de l'Ecolabel tunisien spécifique pour la catégorie du produit «dattes conditionnées».

3.1. 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, 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.

3.2. Méthodologie générale selon la norme ISO 14040

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 :

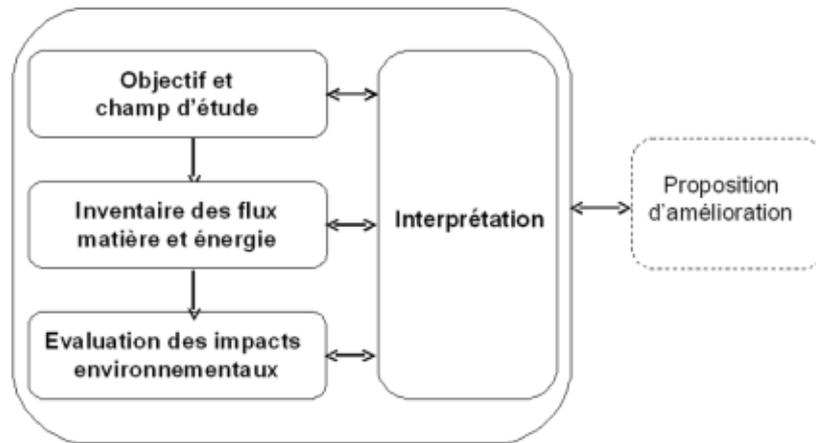


Figure 1: Relation entre les différentes étapes du processus (ISO 14040)

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), et 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'ACV choisie.
- 4. L'interprétation des résultats** qui traduit des résultats provenant d'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⁾.

²La norme ISO 14040

D'autre part, l'ACV est un outil élaboré principalement pour l'industrie, bien que de nombreuses recherches aient été effectuées, un bon nombre d'aspects environnementaux liés à l'agriculture font encore défaut dans cette approche» (Sofies, 2009).

3.3 Méthode d'analyse des impacts environnementaux choisis

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 pour évaluer les impacts est impact 2002 + et les indicateurs que nous choisirons de présenter sont les suivants :

IMPACT 2002+ répartit les impacts intermédiaires dans quatre catégories de dommages (tableaux 14 et 15 en annexe):

- **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.
- **L'utilisation des ressources** qui regroupent les catégories intermédiaires de la consommation d'énergie primaire non renouvelable et des extractions de minerais et qui s'expriment 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).
- **le changement climatique en kg-eq CO₂ émis**. Il s'agit de la somme des gaz à effet de serre (GES) ramenés à du CO₂.

Impact 2002+ permet d'agréger 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.

4. Définition des objectifs et du champ de l'étude

4.1 Unité fonctionnelle

En ACV, l'unité fonctionnelle définit précisément le système qui est étudié. Cette unité constitue une référence à laquelle l'ensemble des consommations et des émissions peut être relié.

Dans notre cas, l'unité fonctionnelle choisie est 1 kg de dattes tunisiennes Deglet Nour conditionnées et prêtes à l'exportation. Pour ce faire, nous avons focalisé notre attention sur 2 produits :

- 1 kg **des dattes conventionnelles** conditionnées et prêt à l'exportation;
- 1 kg **des dattes biologiques** conditionnées et prêt à l'exportation.

4.2 Frontières et étapes du système

Le périmètre de l'étude s'étend de la production des dattes, jusqu'à la mise à disposition pour l'exportation.

Les principales phases considérées dans l'étude sont les suivantes :

- **La production agricole** : ou la culture des dattes. Cette étape est elle-même décomposée en deux phases. La première comprend la préparation du champ, la plantation des palmiers et l'entretien durant les 5 premières années où l'arbre ne produit pas de fruits. La seconde étape est la croissance du fruit et sa récolte, lors de la 5^{ème} année de vie du palmier. Dans la production agricole on trouve l'utilisation des fumures, produits phytosanitaires, des engrais chimiques et usage du tracteur (via la consommation de fuel).
- **Le transport** du lieu de production (champs et centre de collecte à Tozeur) au lieu de conditionnement (Béni Khalled) en camion d'une charge utile de 32 tonnes.
- **Le conditionnement** : prend en compte différentes étapes telles que : la désinfection, tri et stockage, traitement thermique, glucosage, séchage, mise en emballage et palettisation.

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

Aussi la main d'œuvre n'est pas incluse dans les limites du système étudié vu que le même nombre des personnes sont affectées pour les deux cultures conventionnelles et bio et habitent tous dans la même région : pas d'utilisation des moyens de transport qui présentent un impact prépondérant sur l'environnement ce qui prouve la non incorporation de cet aspect dans les limites du système.

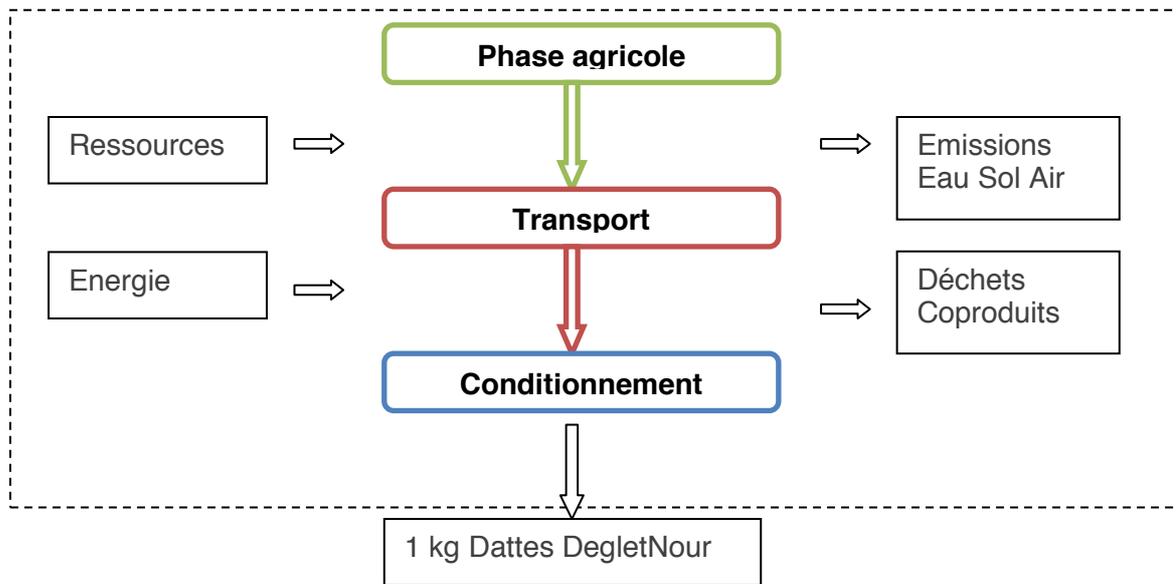


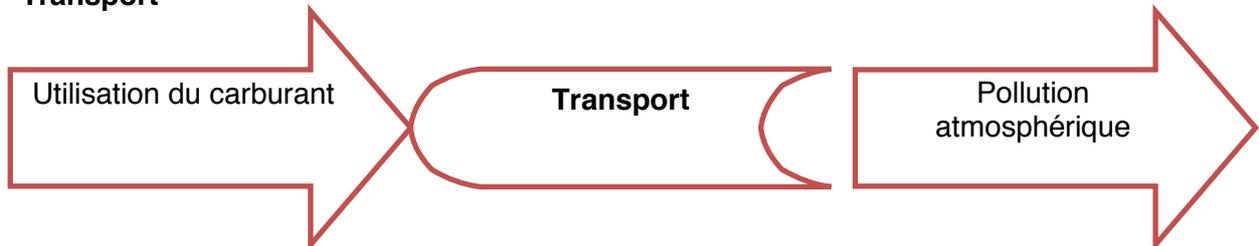
Figure 2: Limites du système étudié pour la production et le conditionnement des dattes

4.2.1 Représentation schématique du système étudié : Dattes conventionnelles

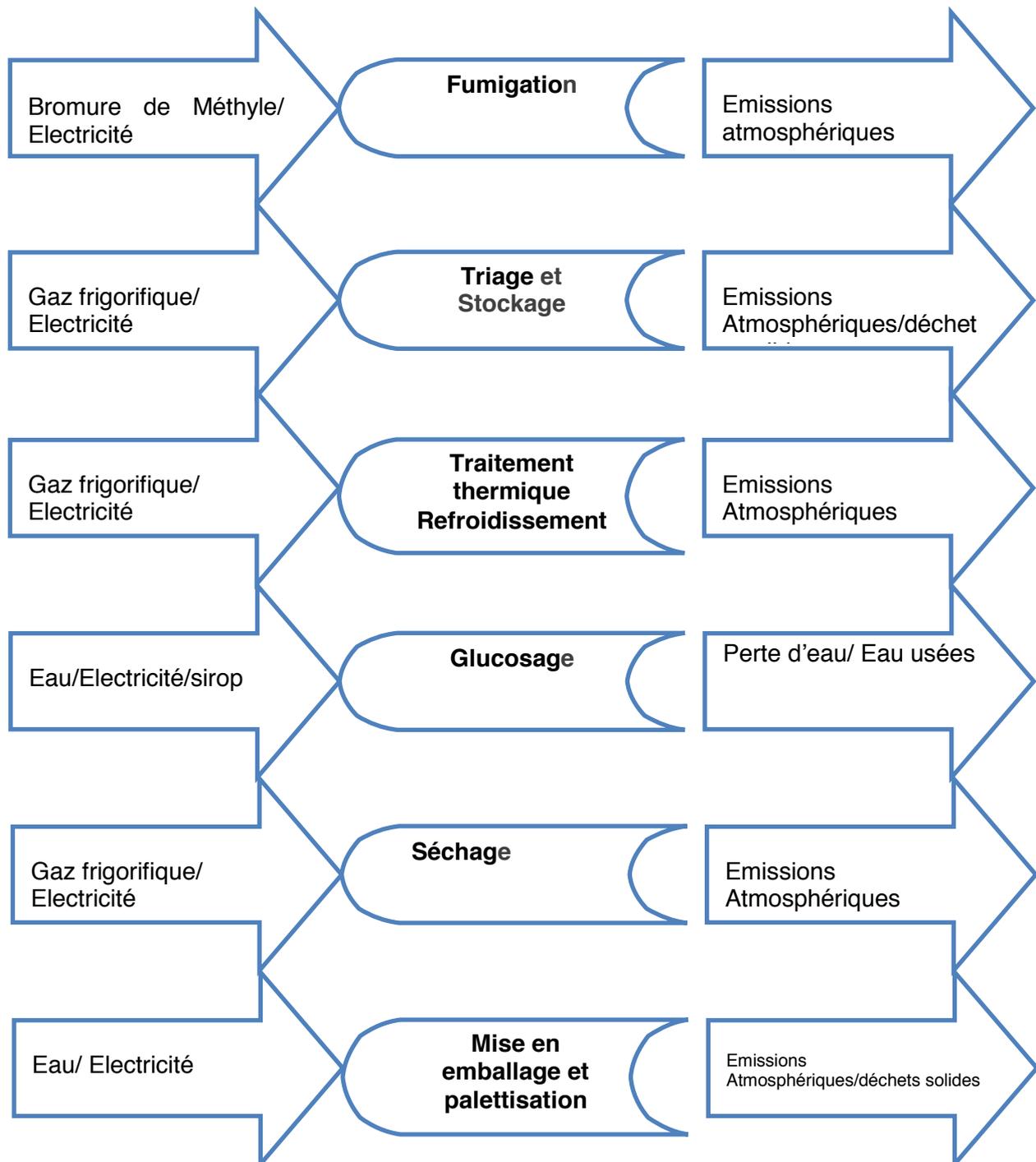
Phase Agricole – Dattes conventionnelles



Transport



Conditionnement des dattes conventionnelles

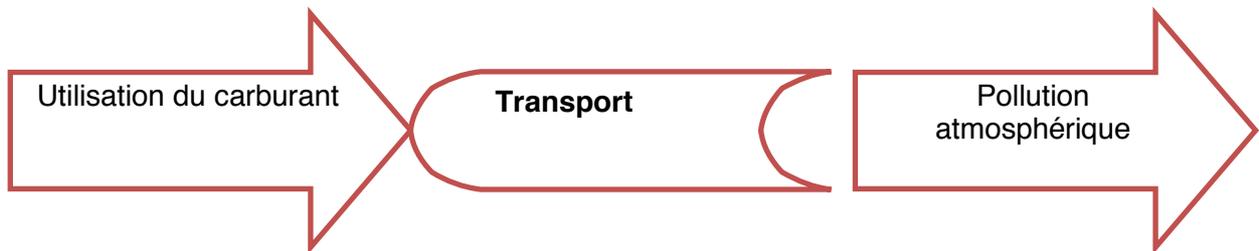


4.2.2 Représentation schématique du système étudié Dattes biologiques

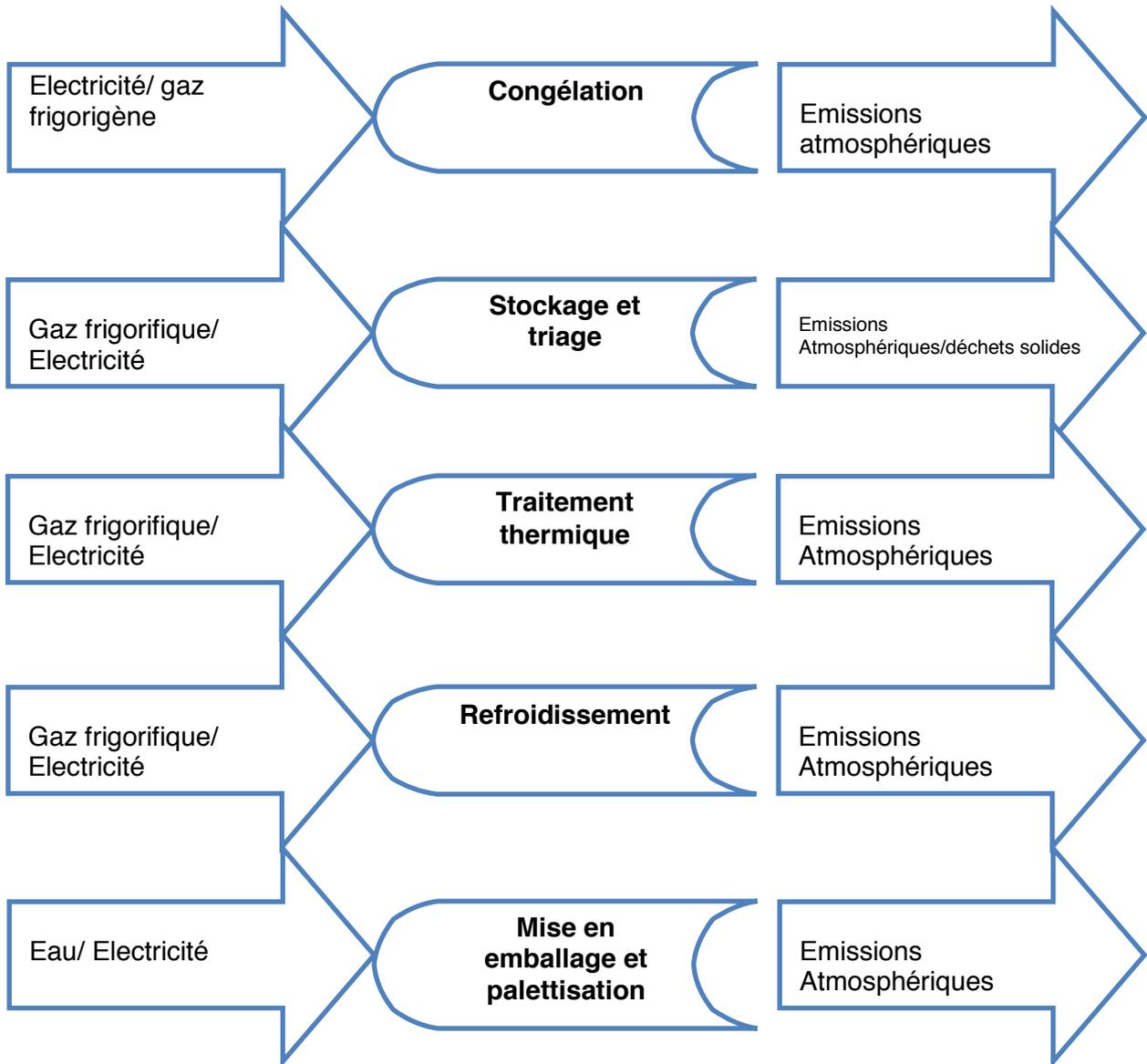
Phase Agricole : Dattes biologiques



Transport



Conditionnement des dattes biologiques :



5. Analyse de l'inventaire du cycle de vie

5.1 Description des 2 produits

Les caractéristiques des deux produits étudiés sont présentées dans les tableaux 4, 5, 6, 7, 8 et 9. La principale différence se situe dans la phase de production agricole et la phase de conditionnement (désinsectisation et glucosage).



Production agricole

Tableau 1: Données relatives aux caractéristiques globales des champs de production des dattes.

Caractéristiques du champ		Valeurs	Unités
Taille totale des champs		1'650	Ha
Nombre de pieds par hectare		100	pied/ha
Quantité de fruit par pied par année		84,84	kg/pied/ha
Indice pluviométrique		<100	Mm
Classification du sol		sol sableux	
Durée de vie du palmier		80	Ans
Production	Quantité totale par année	14'000	T
	Dattes conventionnelles par année	12'610	
	Dattes biologiques par année	390	
	Dattes divers par année	1'000	

Tableau 2: Particularités selon les types de dattes

	<i>Dattes conventionnelles</i>	<i>Dattes biologiques</i>
Production agricole	Rendement : 100 palmiers/ha	
	Utilisation de: <ul style="list-style-type: none"> - Pesticides - Fongicides - DAP - fumiers 	Utilisation de : <ul style="list-style-type: none"> - Produits phytosanitaires - Fumiers (Bétail)
Désinsectisation	Fumigation en utilisant le bromure de méthyle	Congélation (4h, -20°C)
Glucosage	Présent	Absent

5.2 Inventaire du cycle de vie

L'inventaire des données détaillé en annexe permet d'expliquer les valeurs implémentées dans le logiciel Quantis Suite 2.0 et justifie les résultats obtenus.

La base de données Ecoinvent présente un bon nombre de limites notamment vis à vis des choix géographiques. La recherche s'est accés jusque-là sur les pays européens, les Etats-Unis, le Canada ou encore le Japon. De ce fait, pour des flux et des procédés générés dans la Tunisie, il est difficile et souvent impossible de trouver les données leurs correspondants précisément. Il devient alors nécessaire d'émettre une série d'hypothèses. Les calculs quant aux procédés et aux flux choisis à partir de la base de donnée Ecoinvent sont indiqués dans les tableaux en annexes.

5.2.1 Culture des dattes – Production agricole

Les tableaux, présentés en annexes, exposent les différentes quantités de matériaux nécessaires à la culture de dattes (biologique et conventionnel).

En ce qui concerne l'utilisation de fertilisant contenant de l'azote ou du phosphate, les émissions dans l'air, l'eau et le sol ne sont pas entièrement pris en considération dans les calculs des impacts environnementaux. Il aurait fallu faire des calculs annexes afin de mesurer précisément l'impact de chacun des produits utilisés. Il a été choisi dans cette étude de ne s'appuyer que sur les résultats de l'ACV et au besoin de compléter nos interprétations par des études déjà réalisées⁽³⁾.

5.2.2 Conditionnement des dattes

Les tableaux en annexe présentent les flux modélisés pour la phase de conditionnement.

Un rappel s'impose pour la question énergétique : Mix énergétique et distribution

Le mix énergétique de la Tunisie est composé de 99% de gaz naturel produit par cycle combinés et 1% par les énergies renouvelables, ou plus particulièrement les éoliennes (STEG). Pour ce faire, nous avons séparé en deux l'apport énergétique généré par la pompe à eau et l'usine de conditionnement. L'énergie produite dans des centrales est ensuite acheminée vers le champ ou l'usine de conditionnement.

Le mix électrique de tous les produits qui ont été manufacturés localement à par la même occasion été modifié.

³ « Evaluation de l'impact environnemental de la production de dattes – Cas d'étude tunisien », K. Benabderrazik, Juillet 2012. Projet de Master, EPFL

5.3 Hypothèses

L'élaboration des inventaires de cycle de vie a été réalisée en étroite collaboration avec l'entreprise VACPA. Suite à de nombreux entretiens téléphoniques, échange courriel, visite sur site et recherche bibliographique, il a été possible de mettre en place un modèle robuste. Toutefois, il a été nécessaire d'émettre certains nombres d'hypothèses énoncées ci-dessous :

Tableau 3: Les hypothèses

Hypothèses	Datte Biologique	Datte conventionnelle	Réf.
Production agricole			
Durée de vie	la durée de vie d'un palmier est de 80 ans répartie comme suit (0-5 ans phase de croissance et 5-75 ans production des fruits (des dattes))		5
Champs	<ul style="list-style-type: none"> - Taille de champs : 1650 hectares - nombre de pied par hectare : 100 palmiers - Quantité de dattes par pied par année : 84,8kg/pied/an. 		4
Utilisation des produits de croissance	<ul style="list-style-type: none"> - Les 5 premières années de développement du palmier : la quantité totale des produits de croissance utilisée pendant les 5 ans est calculée comme suit : Quantité utilisée par an* 5 ans /80 - La phase de production de fruit : la quantité totale des produits de croissance utilisée pendant les 75 ans est calculée comme suit : Quantité utilisée par an* 75 ans /80 		5
	<ul style="list-style-type: none"> - Aucun produit de croissance n'est utilisé pour la production biologique. - Utilisation des produits phytosanitaires : soufre concentré à 80% - Utilisation des fumiers 	Utilisation de: <ul style="list-style-type: none"> - Pesticides - Fongicides - DAP - fumiers 	
Irrigation	<ul style="list-style-type: none"> - Système goutte-à-goutte, - Le système d'installation d'irrigation est formé du plastique et de ciment : Hypothèse1 : - La durée de vie des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> • La durée de vie du plastique est de 10 ans • La durée de vie du ciment est de 30 ans Hypothèse2 : la nature du plastique : <ul style="list-style-type: none"> • PVC 		5
Utilisation des machines	Utilisation du tracteur qui fait 60 km/ha/an (au moment de la plantation du palmier)		5
Production totale	La quantité totale agricole produite par le champ est de l'ordre de 14000T dont 1000 T sont des variétés divers et 13000T DégletNour c-à-d: <ul style="list-style-type: none"> - 92.85% de la production est DégletNour - 7.15 % de la production issu d'autres variétés 		5

⁴Centre technique des Dattes GBILI

⁵http://www.loir-et-cher.chambagri.fr/uploads/media/Referentiel_Phyto_2013-CA41.pdf

Rendement	La quantité des dattes produite par un palmier ne se diffère pas entre les dattes biologiques et conventionnelles. D'après les données fournies par le responsable de VACPA, un palmier donne 84.8 kg de dattes	4
Transport	Le transport se fait via des camions dont la capacité est de 32 Tonnes Le nombre de voyage effectué est de 600 voyages du Tozeur à Béni Khalled La distance entre le centre de collecte et l'usine est entre 450 et 500km	
Conditionnement		
La quantité de DégletNour réceptionnée par an et de 13000T dont 97% sont des dattes conventionnelles et 3% correspond à des dattes biologiques		
Désinfection	La désinsectisation se fait par congélation (- 20°C pendant 4h). - Consommation d'énergie : Vu l'absence des données relatives à l'énergie pour cette phase on a calculé la consommation de la façon suivante : Con w= Con Total de l'usine - Σ Cons d'w de chaque procédé	A partir de 14000T des dattes réceptionnées il y a 13700T subissent l'opération de la fumigation par le bromure de méthyle de formule chimique CH ₃ Br.
Refroidissement stockage	Le gaz frigorigère utilisé dans cette étape est le R22, d'après la recherche bibliographique ce gaz correspond au chlorodifluorométhane (CHClF ₂)	Utilisation de 10 bouteilles de 16 kg/an de R22
Gestion des déchets	Traitement des eaux usées: Les eaux usées de processus et les eaux usées sanitaires sont évacuées vers la station de traitement. L'ensemble est traité biologiquement avant d'être déversé dans le réseau ONAS.	
	Déchets solides: Valorisation des déchets des dattes et des noyaux pour alimentation de bétail: La farine des noyaux de dattes remplace le maïs pour nourrir le bétail. Ainsi, nous réalisons l'allocation en fonction du pouvoir calorifique des deux produits ^{7 et 8} Un régime alimentaire pour le poulet contient un apport calorifique de 10% à partir de la farine des noyaux des dattes en remplacement de la consommation de maïs. Ce régime a montré une performance de croissance pour le poulet.	7 et 8
Emballage	Utilisation de 10 g de papier/carton ; de 8 g de polystyrène et de 5 g de PVC par UF Conformément à ce qui a été observé sur le site.	

⁶ http://www.iifir.org/userfiles/file/webfiles/summaries/Refrigerant_classification_FR.pdf

⁷ F. Kheiri, J. Nasr, Effects of different dietary amounts of date kernel meal on growth performance and some carcass traits in broilers, Department of Animal Science, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, IRAN http://www.revmedvet.com/2013/RMV164_382_387.pdf

⁸ J. Maner, Nutritional advantages and problems related to the use of cereal grains in feeds. <http://www.fao.org/docrep/003/x6930e/X6930E05.htm>

6. Performance environnementale de la datte VACPA

6.1. Vue d'ensemble des résultats d'écobilan

Les tableaux 4 et 5 présentent les résultats des écobilans selon les catégories d'impacts :

- Impacts sur la qualité des écosystèmes : est en général expliqué par l'épuisement des ressources naturelles à savoir l'eau et l'énergie et l'émission de métaux lourds dans l'environnement.
- Impacts sur le changement climatique est fortement corrélé à la consommation de ressources et l'utilisation importante des gaz frigorigènes,
- Impacts sur la santé humaine : cet impact est principalement dû aux émissions causées par l'utilisation de bromure de méthyle, les fluides frigorigènes, et les produits de croissance (les pesticides, les fongicides...).

Tableau 4: Résultats des écobilans des dattes conventionnelles et des dattes Biologique selon les catégories d'impacts

	Changement climatique kg CO2 eq	Qualité des écosystèmes PDF.m2 .an	Santé humaine DALY
Dattes Conventionnelles	0.137	7.84 10 ⁻³	2.34 10 ⁻⁷
Dattes Bio	0.138	7.75 10 ⁻³	3.42 10 ⁻⁸

Tableau 5: Résultats des écobilans des phases de production et conditionnement selon les catégories d'impacts

		Ecosystèmes	Changement climatique	Santé Humaine	Interprétations	Recommandations
Dattes conventionnelles	Phase de croissance	$4,36.10^{-5}$	$7,8.10^{-4}$	$2,48.10^{-10}$	Utilisation importante des produits de croissance de type : <ul style="list-style-type: none"> - Le di-ammonium phosphate qui génère un impact important sur la santé humaine, l'écosystème et le changement climatique, - Les fumiers qui émettent le nitrate (élément très nocif pour l'environnement : risque pour la santé humaine, eutrophisation des écosystèmes aquatiques, voire dystrophisation et destruction de leur équilibre biologique. - Le Maxi-fos ou superphosphate simple: leur excès est (avec celui des teneurs en nitrates) une des causes majeures de l'eutrophisation voire de dystrophisation de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encourager l'utilisation des produits de croissance naturels, tel que les fumiers afin de minimiser les impacts sur la qualité des écosystèmes et la santé humaine. - Optimiser la consommation des ressources naturelles telles que l'eau. La zone présente un stress hydrique important, il est nécessaire de prendre en compte ce paramètre pour la pérennité des cultures.
	Phase de production des fruits	6.10^{-4}	$1,15.10^{-2}$	$3,57.10^{-9}$		
	Désinsectisation : Bromure de méthyle	$1,49.10^{-4}$	$2,15.10^{-3}$	2.10^{-7}	Il en ressort que les impacts sur la couche d'ozone, sur la toxicité humaine, l'écotoxicité terrestre et le réchauffement climatique sont principalement dus à ce produit de fumigation. Ces impacts sont les suivants : <ul style="list-style-type: none"> - la santé humaine : le bromure de méthyle est toxique par inhalation et par ingestion, irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau, - L'écosystème : le bromure de méthyle très toxique pour les organismes aquatiques ; - Le changement climatique : dangereux pour la couche d'ozone et possibilité d'effets irréversibles 	Substituer ce produit par des produits moins nocifs sur la santé humaine tel-que : <ul style="list-style-type: none"> - Le Gaz Carbonique - La Phosphine Nos entretiens auprès des responsables VACPA nous ont fait comprendre que l'entreprise opérait une transition complète vers le phostoxin. nous ne pouvons qu'encourager cette mesure.
	Désinsectation : Phostoxin	$1,5.10^{-4}$	$5,6.10^{-4}$	$7,7.10^{-10}$	La substitution du Bromure de méthyle par le Phostoxin montre que ce produit a des effets moins dangereux sur la santé humaine, le changement climatique.	

Dattes Biologiques	Phase de croissance	$6,4.10^{-7}$	$2,02.10^{-6}$	$8,08.10^{-13}$	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation des produits de croissance présente des impacts prépondérants sur la qualité des écosystèmes et la santé humaine. Cela est dû essentiellement au phénomène naturel de nitrification et dénitrification qui émet de protoxyde d'azote. De plus l'utilisation des fumiers dégage le méthane CH₄ qui a un pouvoir de réchauffement global 21fois plus élevé que le dioxyde de carbone CO₂. - Consommation importante de l'énergie pour extraire l'eau de la nappe. - Epuisement des ressources naturelles : utilisation de l'eau de la nappe phréatique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimiser la consommation des ressources naturelles et essentiellement l'utilisation de l'eau. - Encourager une production agricole naturelle n'impliquant pas l'utilisation de produits chimiques néfastes.
	Phase de production des fruits	$4,07.10^{-6}$	$2,8.10^{-5}$	$8,8.10^{-12}$		
	Désinsectisation : Congélation	$8,5.10^{-4}$	0,02	$3,47.10^{-9}$		
Les phases communes	Refroidissement post traitement- R22	$4,86.10^{-4}$	0,01	$2,2.10^{-9}$	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation importante d'énergie. - Utilisation des fluides frigorigènes de type R22 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimiser la gestion de la consommation énergétique, en vue de minimiser les pertes dans le réseau et de diminuer la consommation globale, - Encourager le plus possible l'approvisionnement en énergies renouvelables, - Remplacer le R22 par des produits ayant moins d'impact sur l'environnement à savoir le R-407C

Les phases communes	Refroidissement post traitement- R407C	$1,27.10^{-5}$	$9,96.10^{-5}$	$9,07.10^{-11}$	<p>le gaz R407 présente un impact faible sur la santé humaine, l'écosystème et le changement climatique.</p> <p>le R22 et le R407C présentent les mêmes impacts sur la santé humaine et l'écosystème tandis que l'impact sur le changement climatique est relativement négligeable pour le R407C.</p>	Le R407C est considéré comme un réfrigérant plus respectueux de l'environnement.	
	Emballage mixte	$7,64.10^{-3}$	0.04	$1,94.10^{-8}$	<p>Le carton utilisé dans les emballages est fabriqué à partir de fibres cellulosiques végétales⁹, l'usage excessif de cette matière peut être un facteur d'épuisement des ressources naturelles ce qui induit un déséquilibre au niveau de l'écosystème.</p> <p>Les matières plastiques sont des polluants directs et sont aussi à l'origine de polluants secondaires. Du fait de leur imperméabilité, les matières plastiques mises en décharges favorisent la formation de poches de gaz (par exemple, le méthane), ce qui augmente le risque d'incendies et d'explosions dans les décharges non contrôlées</p>	<p>Utilisation des emballages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - biodégradables. - Recyclables <p>Favoriser les emballages en carton et en papier.</p> <p>L'impact important du plastique nous</p>	
	Gestion des déchets	Valorisation des déchets	$2,57.10^{-4}$	$1,6.10^{-3}$	$1,6.10^{-9}$		
	Impacts évités		-0.018	$-6,26.10^{-3}$	$-5,2.10^{-9}$		

⁹<http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellulose>

6.2. Vue d'ensemble - Dattes conventionnelles

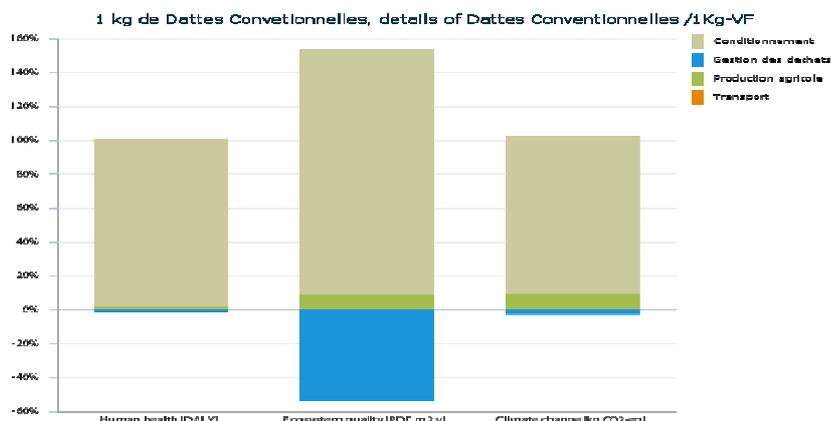


Figure 3: Vue générale d'un kg des dattes conventionnelles

En observant la proportion de chacun des processus inclus dans le système (figure 3), il est possible d'observer que le processus de conditionnement occupe une place beaucoup plus importante notamment en ce qui concerne l'effet sur le changement climatique, l'effet sur la santé humaine et l'effet sur la qualité des écosystèmes.

Les deux processus agricoles et la gestion des déchets ayant des impacts moins significatifs sur le changement climatique et l'écosystème.

Le figure 3 montre aussi des impacts évités surtout sur l'écosystème, ceci s'explique par la valorisation des sous-produits "déchets et noyaux des dattes" sous forme de farine pour alimentation de bétail en remplaçant la consommation de maïs et par conséquent en évitant les impacts qui peuvent être générés par la production de ce produit.

Les sous-chapitres ci-dessous aideront à comprendre cette répartition des impacts.

6.2.1 Phase agricole

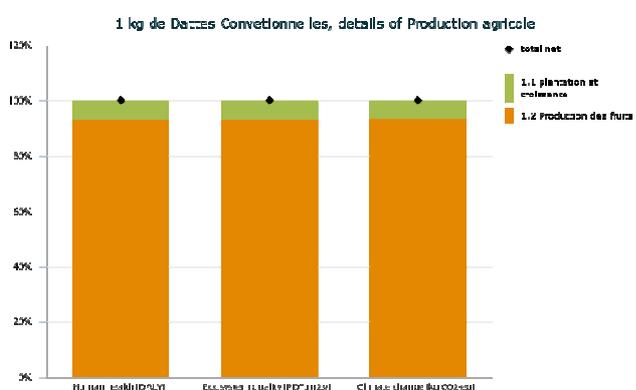


Figure 4: Résultat de l'écobilan détails de la production agricole (dattes conventionnelles)

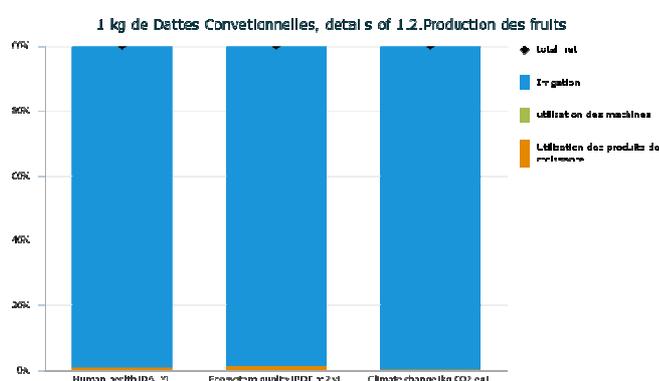


Figure 5: Résultat de l'écobilan détails la Production des fruits : dattes conventionnelles

Les résultats obtenus (figure 4 et 5) montrent que la phase de production des fruits a un impact majeur de tout point de vue (santé humaine, qualité des écosystèmes et changements climatiques).

La production des dattes conventionnelles a besoin de plusieurs intrants à savoir :

- L'eau ;
- Les fertilisants ;
- Les fongicides et herbicides ;
- Le diesel pour alimenter la pompe individuelle.

L'irrigation

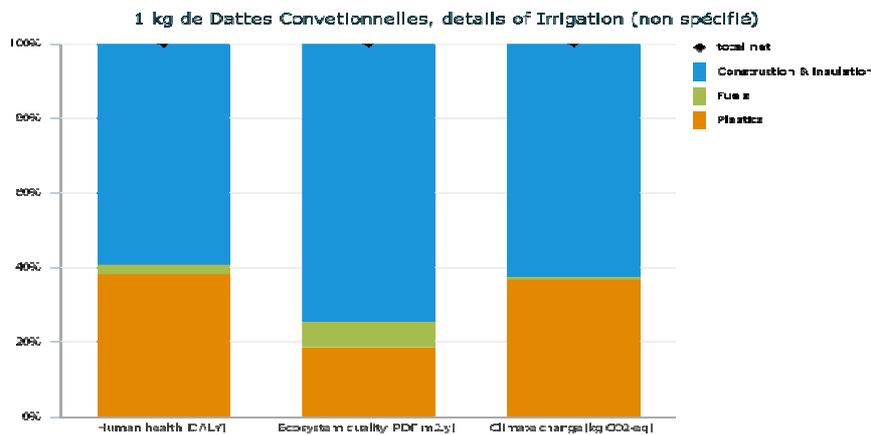


Figure 6: Résultat de l'écobilan détails de l'irrigation

D'après les analyses réalisées il est possible d'observer que l'irrigation est le processus générant le plus d'impact (figure 6).

Les dattes Bio et conventionnelles subissent le même processus d'irrigation.

L'irrigation au sein du champ est une irrigation de surface, l'eau est pompée de la nappe phréatique et est acheminée dans la palmeraie par des canaux d'irrigation. A part la pompe hydraulique, l'irrigation n'est pas mécanisée (aucun système d'aspersion).

La zone Tozeur/ Chott Jérid est une zone aride donc une zone connue par un manque d'eau et connue par un stress hydrique important.

A cet effet, et afin de combler les besoins en eau, les agriculteurs utilisent des pompes afin d'extraire l'eau de profondeur. L'extraction de l'eau nécessite l'utilisation d'une grande quantité d'électricité vu que la nappe phréatique de la zone est très profonde.

L'électricité est produite à partir de cycle combiné utilisant le gaz naturel comme source primaire, à 63%. Il s'agit de l'intrant le plus complexe et le plus complet. Son impact est prépondérant dans chacune des catégories.

Les infrastructures liées à l'irrigation sont l'utilisation de PVC et de ciment. On remarque l'impact notable du PVC en ce qui concerne les effets sur la santé humaine. Cet impact résulte des émissions dans l'air et l'eau générées par sa production.

Le palmier résiste à l'eau chargée en sel, qui est indispensable même à sa croissance. Les besoins en eau sont les plus élevés de toutes les fruitières 15000 à 2500 m³/an/ha⁽¹⁰⁾.

¹⁰Source : La filière des dattes communes dans les oasis de Gabès dans le contexte des aléas climatique et économique : Fonctionnement, atout et contraintes, Par Foued BEN HAMIDA, Institut national agronomique de Tunisie- Master 2011.

Les produits de croissance

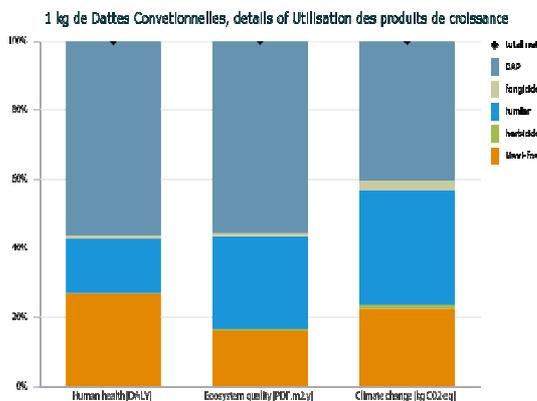


Figure 8: Résultat de l'écobilan détails de l'utilisation des produits de croissance

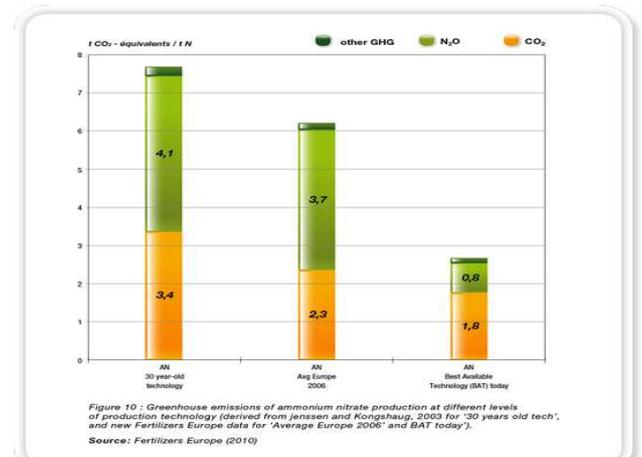


Figure 7: Emissions à effet de serre de la production de nitrate d'ammonium à différents niveaux de technologie de production

D'après l'analyse obtenue (figure 7), on constate que l'utilisation des produits de croissance présente des impacts prépondérants sur la qualité des écosystèmes et la santé humaine.

Le DAP (engrais azoté)

Le di-ammonium phosphate est le fertilisant utilisé, il génère un impact important sur la santé humaine, l'écosystème et le changement climatique.

Les engrais minéraux proviennent de l'extraction minière de phosphates, de sels de potassium ou de magnésium et de l'azote de l'air (N₂). La production d'engrais azotés est à l'origine de plus de 80% des émissions de GES des industries de la fertilisation.

Deux gaz à effet de serre sont émis au cours du processus de fabrication des engrais azotés : du dioxyde de carbone (CO₂) venant du gaz naturel utilisé comme matière première et source d'énergie pour la synthèse de l'ammoniac (NH₃) et du protoxyde d'azote (N₂O) émis lors de la production d'acide nitrique. Environ 70% du gaz naturel ou méthane (CH₄) est utilisé pour produire de l'hydrogène (H₂) qui se combine avec l'azote de l'air (N₂) pour former l'ammoniac (NH₃). Le reste du gaz naturel sert à produire de la chaleur pour permettre la réaction de synthèse.

Le Fumier

Dans la composition du fumier on trouve les nitrates qui sont essentiels pour la croissance des végétaux. Cependant à forte concentration, ils sont très nocifs pour l'environnement.

Les nitrates sont aujourd'hui la cause majeure de la pollution des eaux : ils sont très solubles, facilement drainés par les eaux de pluie, de ruissellement, et d'infiltration. Les nappes phréatiques, les réservoirs d'eau, les cours d'eau, les lacs, les rivières regorgent de nitrates, dont les

conséquences sont multiples : risques pour la santé humaine, eutrophisation des écosystèmes aquatiques, voire dystrophisation et destruction de leur équilibre biologique.

Maxi-fos ou superphosphate simple

Utile à faible dose pour les sols, leur excès est (avec celui des teneurs en nitrates) une des causes majeures de l'eutrophisation voire de dystrophisation de l'environnement.

6.2.2 Phase de conditionnement

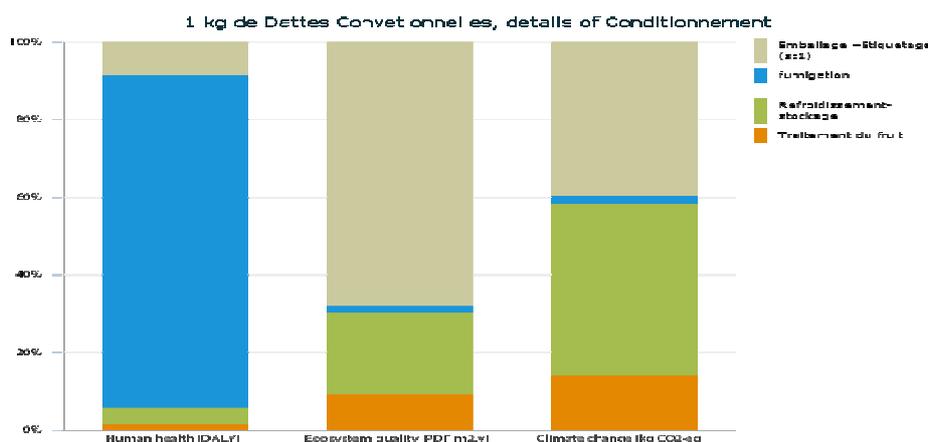


Figure 9: Résultat de l'écobilan détails de la phase de conditionnement

La figure (9) montre que l'étape de fumigation génère essentiellement des effets néfastes sur la santé humaine et des impacts négatifs sur l'écosystème et le changement climatique. Ceci s'explique par l'utilisation du produit bromure de méthyle afin d'éliminer tout organisme vivant « nuisible ».

Les deux étapes d'emballage et de refroidissement ayant des impacts prépondérantes sur l'écosystème et le changement climatique. De même l'activité de traitement du fruit génère des impacts significatifs sur l'écosystème et le changement climatique ceci revient à l'utilisation excessive de l'énergie.

Fumigation

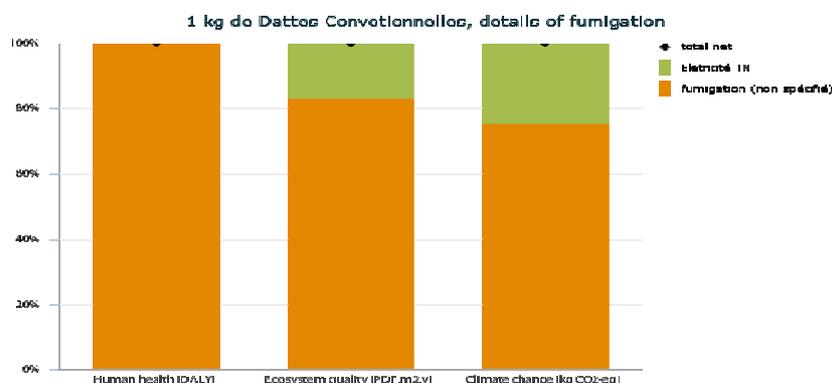


Figure 10: Résultat de l'écobilan de la phase de fumigation

Cette étape consiste à traiter les parasites qui infectent les fruits sous l'action d'un gaz toxique dans un espace clos.

Cette procédure est connue sous le nom de « fumigation ». Le gaz utilisé dans la fumigation est le bromure de méthyle, produit qui sera prohibé d'ici deux ans à travers le monde, en raison de ses effets néfastes sur l'environnement.

Après l'opération de fumigation, qui se fait dans des enceintes fermées, et lors de l'ouverture de ces dernières, le gaz utilisé s'échappe dans l'atmosphère.

La figure (10) montre que ce produit ayant des impacts sur la couche d'ozone, sur la toxicité humaine, l'écotoxicité terrestre et le réchauffement climatique. Ces impacts sont les suivants :

- La santé humaine : le bromure de méthyle est toxique par inhalation et par ingestion, irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau;
- L'écosystème : le bromure de méthyle très toxique pour les organismes aquatiques ;
- Le changement climatique : dangereux pour la couche d'ozone et possibilité d'effets irréversibles. Il faut d'ailleurs rappeler que le bromure de méthyle est un produit banni dans les pays industrialisés (protocole de Montréal, 1987) et qu'il est en mesure d'être remplacé d'ici peu par le phostoxin.

Refroidissement-Stockage

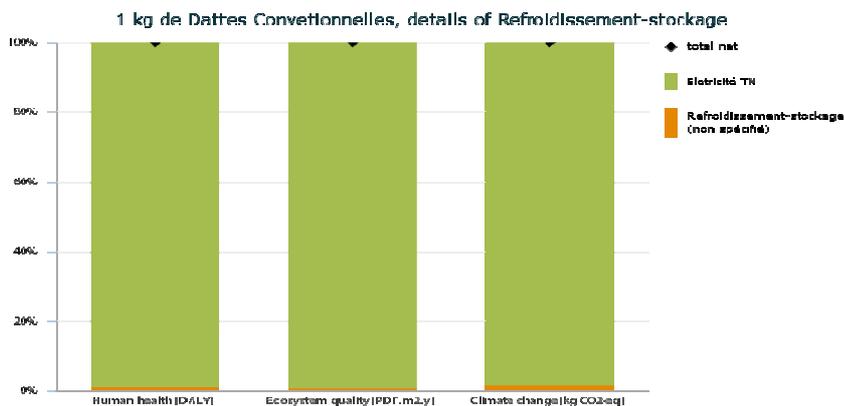


Figure 11: Résultat de l'écobilan de la phase de refroidissement et de stockage

Les figures 11 montre que cette phase se caractérise par une forte consommation d'énergie ainsi qu'une utilisation des gaz frigorigènes de type R22 ce qui nuit à l'environnement comme à la santé humaine. En effet, la combustion de sources d'énergies d'origine fossile(pétrole, gaz, charbon) génère des émissions :

- de métaux lourds (plomb) ;
- de particules fines (poussières) ;
- de gaz polluants comme l'ozone, le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre ou les oxydes d'azote.

Cette pollution atmosphérique peut causer des troubles respiratoires, des maux de tête, des irritations oculaires ou des allergies, notamment chez certaines personnes fragiles (enfants, personnes âgées ou souffrant d'insuffisance respiratoire). Elle perturbe aussi le fonctionnement des écosystèmes.

Traitement du fruit

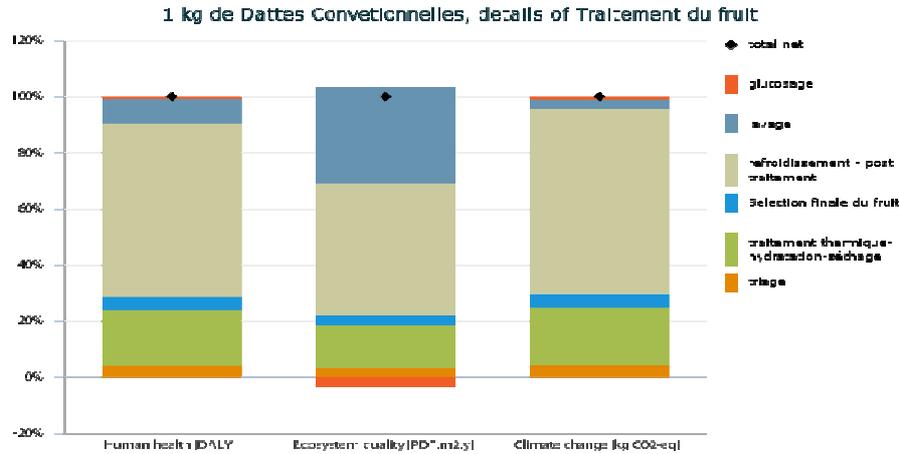


Figure 13: Résultat de l'écobilan de l'étape traitement de fruit

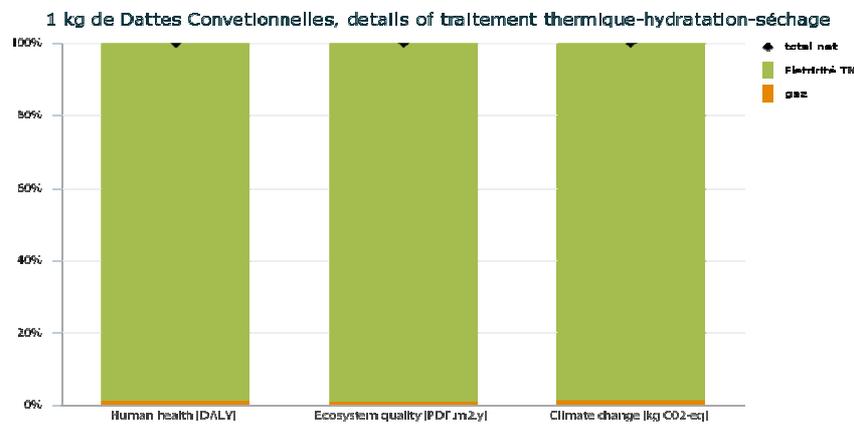


Figure 12: Résultat de l'écobilan de l'étape traitement thermique /hydratation et séchage

Les deux processus de refroidissement et de traitement thermique-hydratation-séchage, consomment le plus d'énergie (électricité) ainsi que des fluides frigorigènes de type R22 et par conséquent génèrent des impacts importants en tous points (figure 12 et 13).

En effet, les impacts générés par la consommation électrique s'expliquent par la consommation massive d'énergies fossiles. Le gaz naturel est une énergie fossile, dont l'origine est similaire à celle du pétrole. Il est principalement composé de méthane (CH₄). Le méthane est un puissant gaz à effet de serre, qui contribue au réchauffement climatique : il a un impact sur l'effet de serre environ 21 fois plus puissant que le dioxyde de carbone (CO₂).

6.3 Vue d'ensemble Dattes Bio

6.3.1 Vision Générale

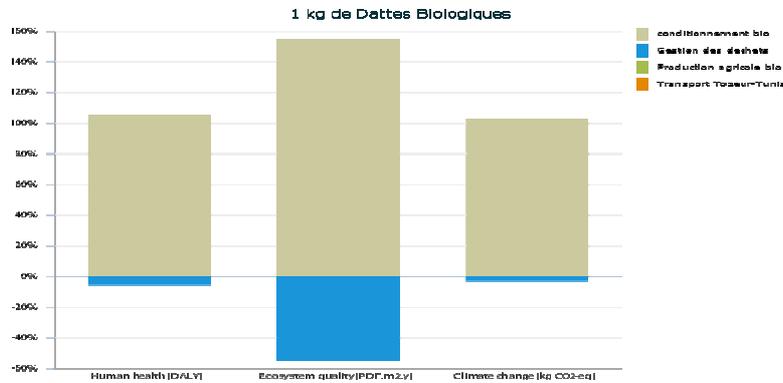


Figure 14: Vue générale de la production des dattes biologique

En observant la proportion de chacun des processus inclus dans le système, la phase de conditionnement du fruit apparaît comme celle générant le plus d'impacts. Les phases relatives au transport et l'agriculture biologique ne présentent pas d'impacts importants sur la santé humaine et le changement climatique (figure 14).

De plus, la phase de gestion des déchets solides présente un impact évité sur l'Ecosystème et qui revient à l'utilisation du produit valorisé à partir des sous-produits (déchets et noyaux des dattes).

6.3.2 Phase agricole

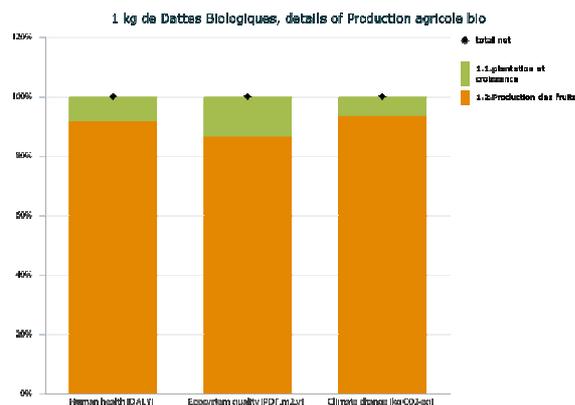


Figure 16: Résultat de l'écobilan de la phase production « dattes biologiques »

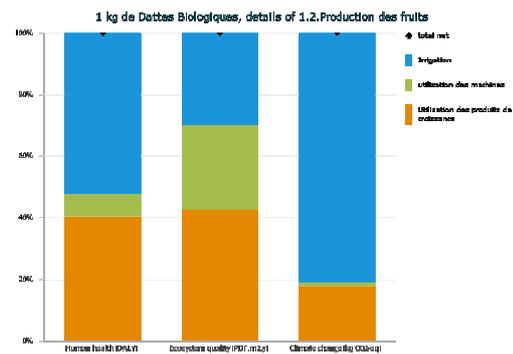


Figure 15: Résultat de l'écobilan de la phase production des fruits « dattes biologiques »

Les résultats obtenus (figure 15 et 16) montrent que la phase de production des fruits a un impact majeur sur la qualité des écosystèmes, le changement climatique et la santé humaine. La production des dattes a besoin de plusieurs intrants à savoir les fumiers, les produits phytosanitaires et l'eau.

Emissions au Sol

Les principales émissions provenant des sols agricoles sont caractérisées par l'effet de serre dû au protoxyde d'azote (N₂O) qui est 310 fois plus de dioxyde de carbone (CO₂).

Dans l'agriculture, les émissions de protoxyde d'azote surviennent après l'épandage des engrais de ferme, mais les sols en émettent aussi à cause de processus microbiologiques (nitrification et dénitrification) qui se déroulent dans la terre après l'enfouissement d'une prairie ou d'un engrais vert.

Les produits de croissance

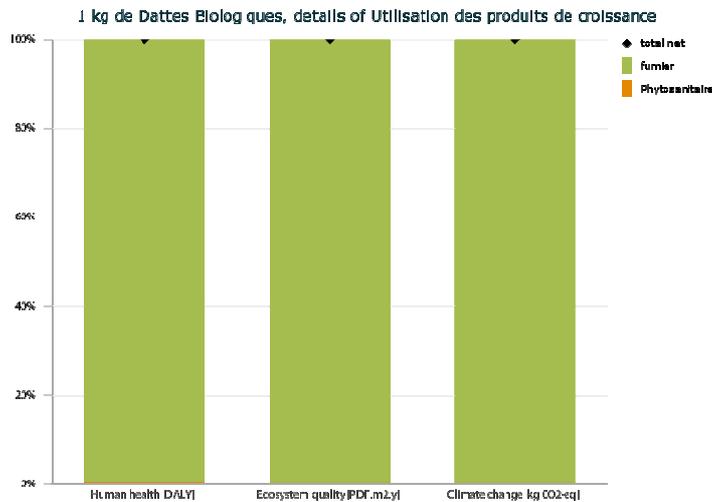


Figure 17: Résultat de l'écobilan détails de l'utilisation des produits de croissance

Les produits phytosanitaires

D'après les résultats obtenus (figure 17), les produits phytosanitaires ne présentent pas d'impacts notables.

Les Fumiers

Les fumiers utilisés sont d'origine animale (issus des bétails appartenant aux agriculteurs), ils ont donc un impact surtout sur le changement climatique. En effet, les fumiers dégagent le méthane CH₄ qu'est **21 fois** plus dangereux pour le climat que le dioxyde de carbone CO₂.

6.3.3 Conditionnement

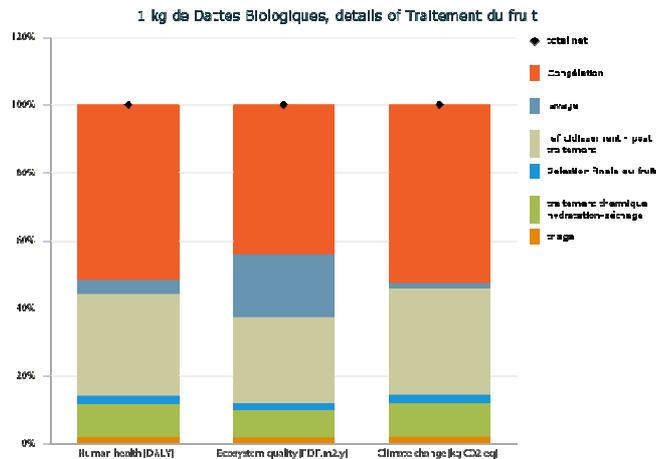


Figure 18: Résultat de l'écobilan détails du traitement des fruits « dattes biologiques »

La figure 18 montre les principaux procédés ayant des impacts les plus significatifs :

- la congélation ;
- le refroidissement post traitement ;
- la mise en emballage et le triage.

Les autres intrants tels que l'emballage ou encore le stockage et le refroidissement occupent également plus de 30% des impacts totaux.

- La congélation

Théoriquement, les deux principaux impacts qui devraient figurés dans les analyses de la phase de congélation sont :

- L'Electricité ;
- L'utilisation de gaz frigorigène le R22 ou le chlorodifluorométhane.

La congélation des dattes biologiques se fait à -20°C pendant 4h donc une consommation importante d'électricité. Cette source d'énergie génère une part très importante des impacts sur les effets cancérigènes, du réchauffement climatique et l'écosystème.

Le R22 est réglementé par le protocole de Montréal, qui prévoit l'arrêt de toute consommation de HCFC dans les pays développés en 2020, et dans les pays en développement en 2040. Il est envisagé d'accélérer ces échéances, étant donné le très fort développement des HCFC, et leur très haute contribution au réchauffement climatique. En l'absence de nouvelle mesure contraignante, il est ainsi prévu que, d'ici 2015, les émissions de HCFC et de HFC représentent le double des gains engendrés en 2012 par l'application du protocole de Kyoto. De plus, l'augmentation de la demande mondiale en climatiseurs justifie la construction de nouvelles usines de production du R22, notamment en Chine, et ces nouvelles usines consomment des quantités importantes de crédits apportés par le mécanisme de développement propre prévu par le protocole

de Kyoto : en effet, détruire le R23 au sein même de l'usine de production de R22 ne coûte que 0,20 US \$ par tonne, pour 14 800 tonnes d'équivalent CO2.

Cet impact n'a pas été évoqué dans nos analyses vu que le responsable du VACPA ne dispose pas la quantité du gaz frigorigère consommé au cours de la phase de congélation.

Rappel : une fuite d'un kilogramme de réfrigérant de synthèse dans l'atmosphère produit un effet de serre équivalant à celui généré par l'émission de 1 000 jusqu'à plus de 13 000 kilogrammes de CO2.

- **Le refroidissement**

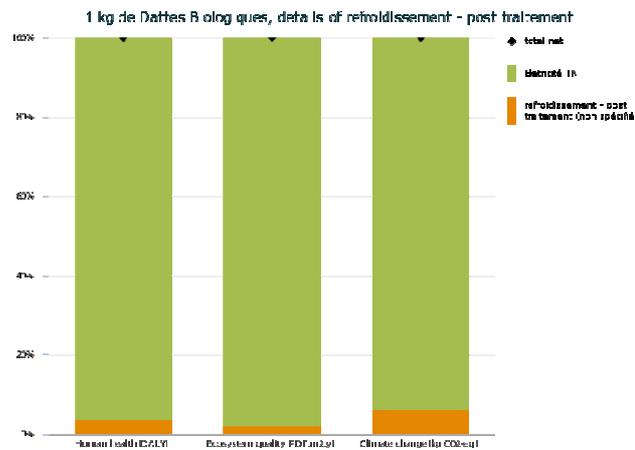


Figure 19: Résultat de l'écobilan détails de l'étape refroidissement

Cette phase se distingue par une forte consommation d'énergie ainsi qu'une utilisation importante des gaz frigorigère de type R22 ce qui induit respectivement un épuisement des ressources naturelles et l'altération de la couche d'ozone dû au dégagement des gaz à effet de serre (figure 19).

6.4 Parties Communes

6.4.1 Mise en emballage

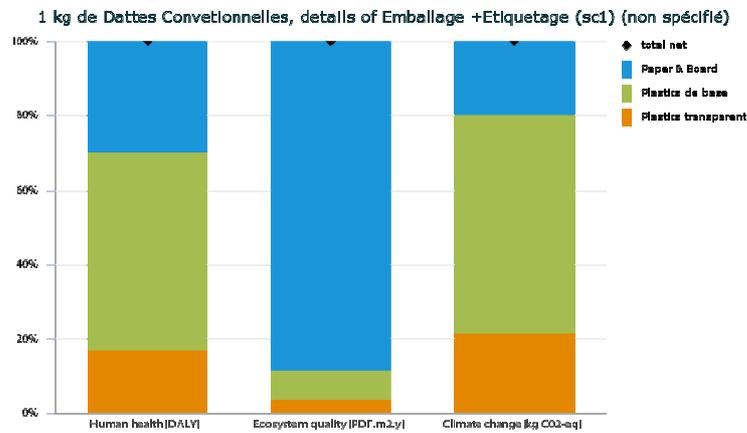


Figure 20: Résultat de l'écobilan détails de l'étape mise en emballage et étiquetage

Les dattes conventionnelles et les dattes biologiques subissent le même processus d'emballage. La matière utilisée pour emballer le produit est formé de :

- Papier
- Plastics de base
- Plastique transparent

D'après les résultats obtenus via le logiciel Quantis (figure 20), on remarque qu'au niveau de ce processus l'utilisation du papier présente un impact significatif important sur l'écosystème alors que l'usage du plastic influe sur la santé humaine et le changement climatique.

Nous avons pris la liberté de réaliser un scénario où l'emballage serait uniquement formé de papier/carton et nous obtenons les résultats suivants :

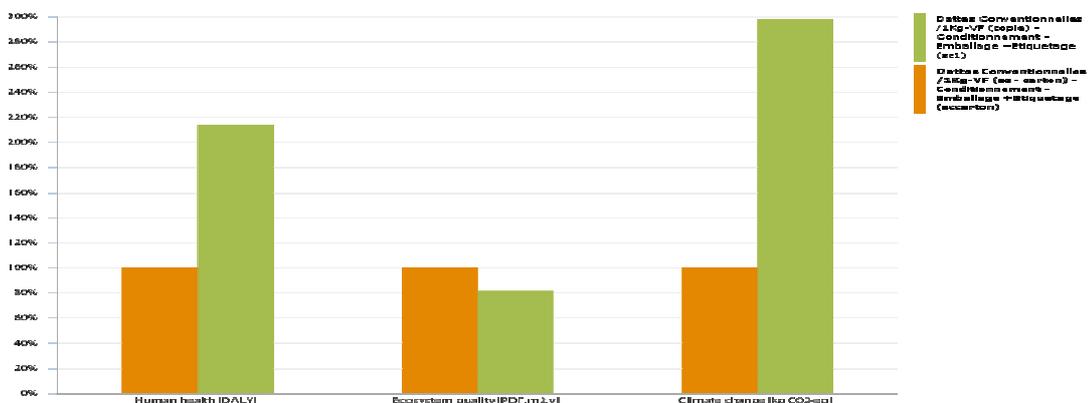


Figure 21 : Comparaison des deux types d'emballage

Nous observons alors une nette différence entre les deux emballages et cette analyse nous permet de conclure aisément que les emballages papiers sont moins impactant d'un point de vue de l'environnement que les emballages mixtes.

- *Papier / Carton*

Cette matière est fabriquée à partir de fibres cellulosiques végétales, l'usage excessif de cette matière peut être un facteur d'épuisement des ressources naturelles ce qui induit un déséquilibre au niveau de l'écosystème.

Outre, l'industrie papetière est classée comme :

1. industrie lourde,
2. industrie très consommatrice d'énergie..
3. industrie soumise aux quotas d'émissions de gaz à effet de serre et au marché du carbone et des droits à polluer.
4. industrie très consommatrice d'eau. C'est pourquoi les usines sont souvent situées en bordure de cours d'eau ou au-dessus d'une nappe phréatique accessible.

- *Plastique*

Les figures 20 et 21 montrent clairement l'impact important du plastic dans l'emballage du produit. Cet impact s'explique comme suit :

Leur production consomme des produits pétroliers, de l'eau, de l'énergie, et émet des gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique.

En effet, les matières plastiques sont des polluants directs et sont aussi à l'origine de polluants secondaires. Du fait de leur imperméabilité, les matières plastiques mises en décharges favorisent la formation de poches de gaz (par exemple, le méthane), ce qui augmente le risque d'incendies et d'explosions dans les décharges non contrôlées.

Certains plastiques sont riches en métaux lourds qui peuvent être libérés dans l'environnement.

A la surface des décharges non contrôlées, ils sont emportés par le vent et s'accrochent aux plantes. Ils enlaidissent le paysage. C'est une pollution visuelle. Les matières plastiques n'étant pas biodégradables, elles restent telles quelles si elles ne sont pas traitées (valorisées).

Certains produits de combustion sont toxiques pour l'homme, d'autres peuvent jouer un rôle dans des pollutions de l'atmosphère comme les pluies acides.

1. La combustion du polyuréthane produit du cyanure d'hydrogène (HCN) poison très violent pour les hommes et les animaux.
2. La combustion du polychlorure de vinyle (PVC) produit du chlorure d'hydrogène (HCl) qui provoque des maladies des voies respiratoires (asthme, bronchites) et est impliqué dans le mécanisme des pluies acides (mis en solution dans l'eau il dégage des ions hydrogène).

6.4.2 Gestion des déchets de la phase de conditionnement

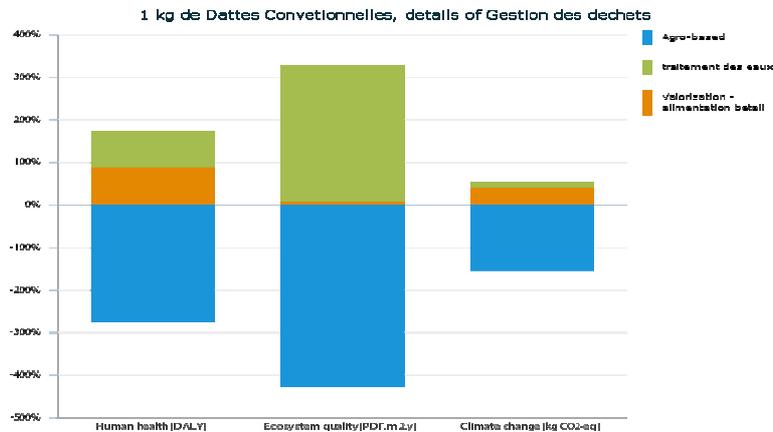


Figure 22: Résultat de l'écobilan détails de l'étape « gestion des déchets »

- Déchets solides

Les déchets solides (déchets des dattes et des noyaux) générés par VACPA sont totalement collectés, vendus et valorisés sous forme de farine (sous-produits) pour l'alimentation du bétail. Ces déchets ont une deuxième vie à la sortie de l'usine et sont amenés à remplacer d'autres produits d'alimentation (tel que le blé ou le maïs).

La valorisation de ces déchets, nécessite également une préparation en amont tel que le broyage. La fonction de ces déchets substitue donc celle du blé ou du maïs. La figure (22) montre (sur l'axe négatif des ordonnées) les impacts évités sur l'écosystème, le changement climatique et la santé humaine et qui auraient pu être générés par la production de blé destiné à l'alimentation du bétail. On retient alors que la valorisation des noyaux et des dattes devrait continuer à être encouragée et qu'elle permet d'éviter des impacts importants.

- Eau usée

L'eau utilisée lors du processus de conditionnement présente des impacts très importants sur la santé humaine, l'écosystème et le changement climatique; ceci s'explique par la présence des taux importants de matières organiques (MO), de matière en suspension (MES) et des matières organiques azotées ou phosphorées.

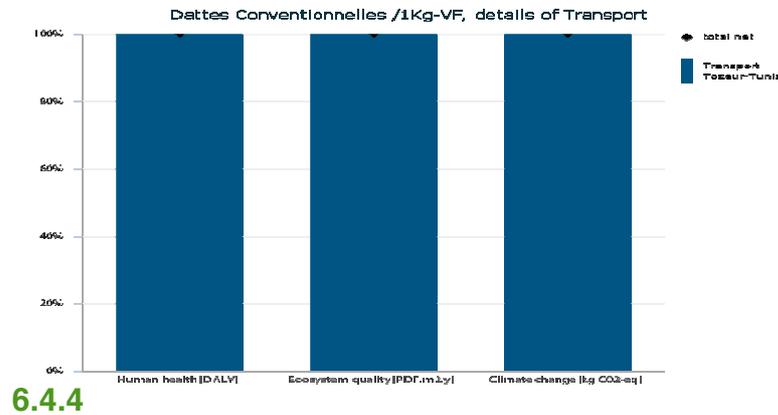
En effet, le phosphore reste dans le sol, pendant plusieurs années avant d'être transformé en substance moins dangereuse.

L'augmentation des concentrations de phosphore dans les eaux de surface provoque le phénomène d'eutrophication.

Pour l'entreprise VACPA, les eaux usées de processus et les eaux usées sanitaires sont évacuées vers la station de traitement. L'ensemble est traité biologiquement avant d'être déversé dans le réseau ONAS. Le traitement de ces eaux usées, qui inclut la gestion des boues de la station

d'épuration est un aspect environnemental significatif est bien géré dans le cadre du système de management environnemental.

6.4.3 Phase de transport



6.4.4

Figure 23: Résultat de l'écobilan détails de l'étape du transport

La phase du transport du produit est une des trois principales étapes du cycle de vie du produit. Etant donné que la phase agricole est localisée à Tozeur et le conditionnement du produit se fait à Béni Khalled, il est logique que le transport génère des impacts non-négligeables par rapport à l'ensemble du système.

Ces impacts sont engendrés par les 950 km parcouru en camion entre Tozeur et Béni Khalled. L'impact du transport le plus connu est la pollution atmosphérique due aux gaz d'échappements, qui causent des maladies respiratoires et contribue au réchauffement de la planète (figure 23).

Il est donc essentiel de porter une réflexion sur le choix du moyen de transport si l'on tente de limiter les impacts sur l'environnement.

7. Analyse comparative

7.1 Comparaison entre les deux phases de production de dattes conventionnelles et dattes Biologiques

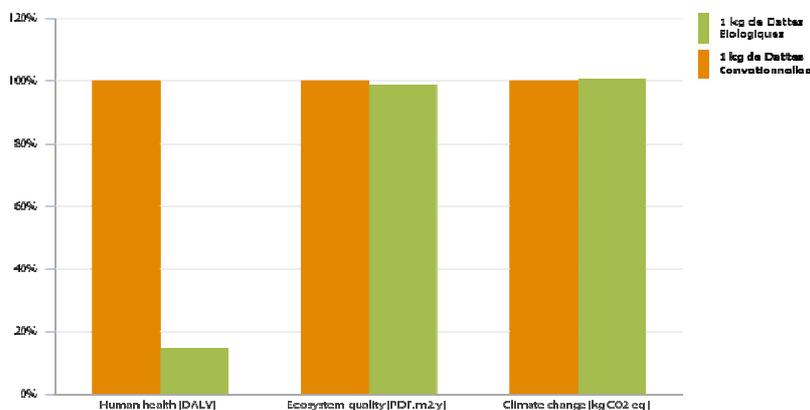


Figure 24: Résultat de l'écobilan de l'étude comparative entre la production des dattes bio et conventionnelles

D'après les résultats généraux (figure 24) la production d'un (1) kg de dattes conventionnelles génère plus d'impacts sur la santé humaine qu'un (1) kg de dattes biologiques.

De point de vue qualité de l'écosystème le produit Conventionnel ayant un impact significatif légèrement supérieur que celui du produit Bio. Tandis que on trouve que le deux produits conventionnel et Bio ayant presque le même impact sur le changement climatique.

Les paragraphes suivants, reviennent plus en détails sur la comparaison des deux produits.

7.1.1 Impacts sur la santé humaine

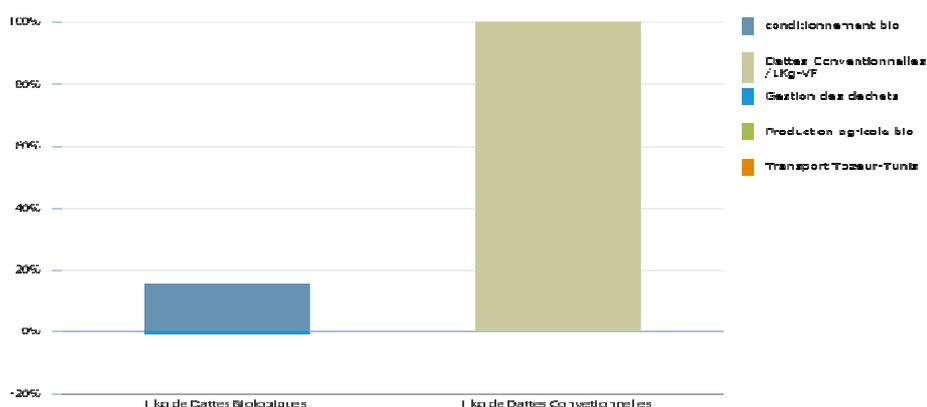


Figure 25: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur la santé humaine

D'après les résultats obtenus (figure 25), on constate que la production des dattes conventionnelles génère plus d'impacts sur la santé humaine, soit 84% en plus par rapport aux dattes Bio. Ceci s'explique par l'utilisation des produits chimiques tels que le bromure de méthyle pour la fumigation et la consommation des fluides frigorigènes (R22) pour le traitement et le refroidissement des dattes.

De plus, la phase agricole des dattes conventionnelles a un impact sur la santé humaine mais moins significatif par rapport à celui de la phase de conditionnement. Ce qui s'explique notamment par l'utilisation des produits de croissance tels que le DAP, le fumier et le superphosphate.

7.1.2 Impacts sur l'écosystème

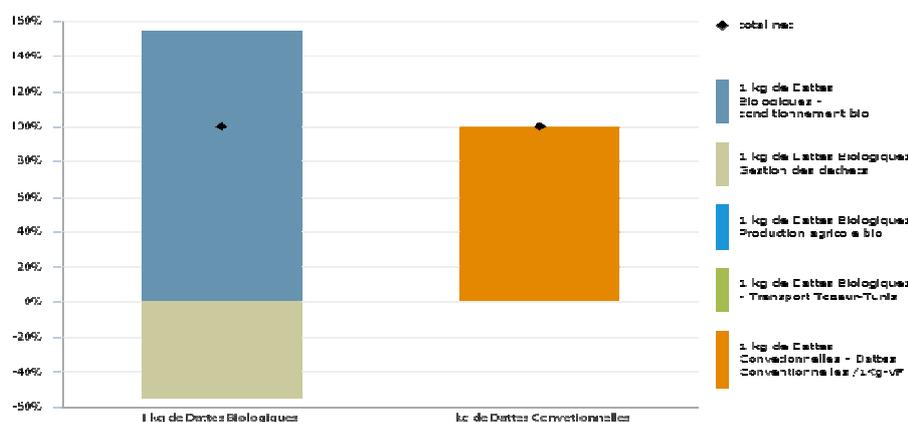


Figure 26: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur l'écosystème

D'après les histogrammes obtenus (figure 26), on constate que la production des dattes conventionnelles génère des impacts sur l'écosystème légèrement supérieurs à celle des dattes Biologiques, soit 2% de plus. Ceci s'explique par l'utilisation du bromure de méthyle pour la désinsectisation des dattes et la consommation des fertilisants chimiques dans la phase agricole.

7.1.3 Impacts sur le Changement climatique

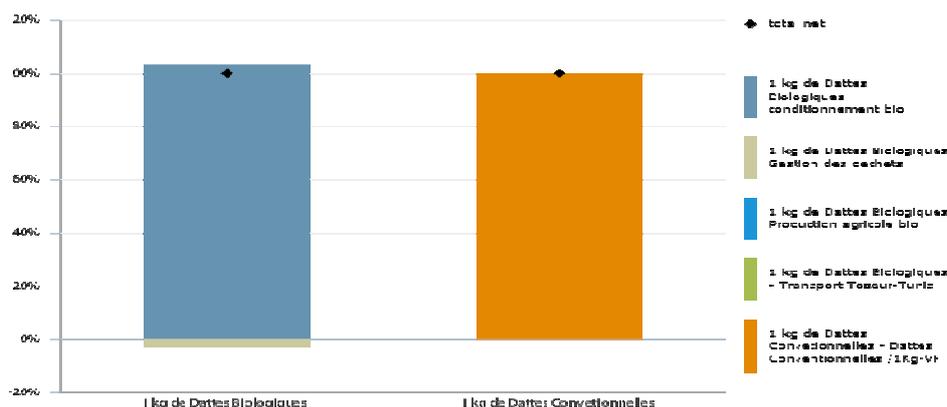


Figure 27: L'impact des dattes bio et conventionnelle sur le changement

D'après les résultats obtenus (figure 27), on remarque que le conditionnement des dattes biologiques et dattes conventionnelles génère presque les mêmes impacts sur le changement climatique. En effet, Le processus de désinsectisation par congélation implique l'utilisation de quantités importantes de fluides frigorigènes et d'énergie, dans notre cas c'est le R22, particulièrement nuisible à l'environnement.

De même, la désinsectisation par fumigation implique l'utilisation de bromure de méthyle qui présente des impacts dangereux pour la couche d'ozone.

De plus, la phase de refroidissement de deux produits conventionnel et bio ayant des impacts prépondérants sur le changement climatique, ceci s'explique par la consommation excessive de l'énergie et de fluides frigorigènes (R22).

7.2 Comparaison entre les deux phases de conditionnement- Biologique et Conventionnel (Scenario2015 : phostoxin)

Le Bromure de méthyle est un composé chimique halogéné utilisé comme produit phytosanitaire de la famille des fongicides, il est utilisé dans la phase de la fumigation pour la désinfection des dattes. Toute fois ce produit génère un impact très important. En effet, une fois pulvérisé sur les cultures, il rejoint la haute atmosphère où il contribue à appauvrir la couche d'ozone. Sa durée de vie est plus courte que celle des CFC, mais il détruit les molécules d'ozone 50 fois plus rapidement. C'est un gaz incolore et inodore, très toxique par inhalation, qui agit sur le système nerveux. A cause de ces raisons que le Bromure de méthyle doit être remplacé prochainement par le phostoxin avant l'année 2015.

L'analyse comparative a été refaite en utilisant cette modification (substitution de bromure de méthyle par le phostoxin).

7.2.1 Fumigation avec le Phostoxin

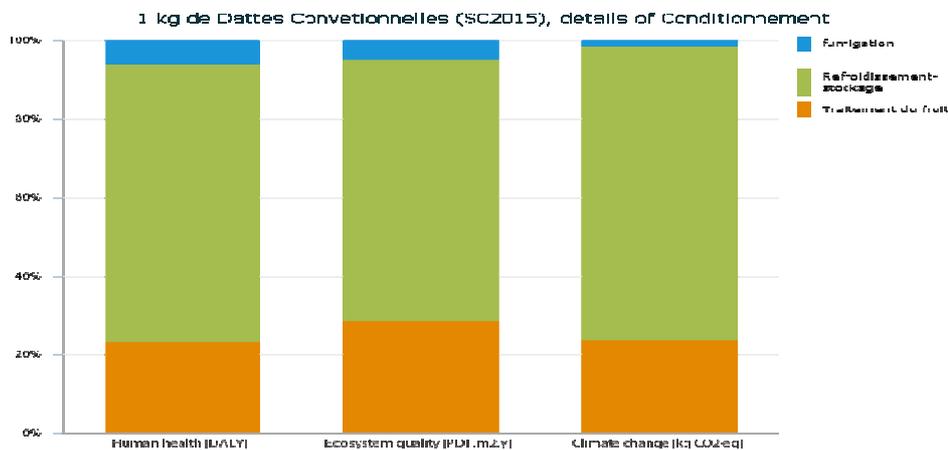


Figure 28: Résultat de l'écobilan de l'étape de désinsectisation en utilisant le phostoxin (SC2015)

Suite à la modélisation de ce scénario, on remarque que la substitution du bromure de méthyle par le phostotoxin montre que ce dernier a des impacts moins dangereux sur la santé humaine, le changement climatique et l'écosystème (figure 28). Toutefois, les deux processus de refroidissement et de traitement du fruit sont ceux qui génèrent le plus d'impacts et qui revient essentiellement à la consommation de l'énergie et des fluides frigorigènes.

7.2.2 Comparaison entre les deux phases de conditionnement

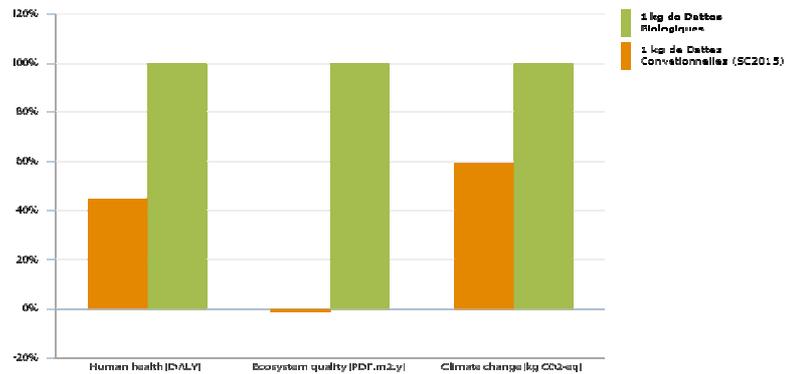


Figure 29: Résultat de comparaison de l'écobilan des deux types de conditionnement : désinsectisation par le phostoxin et désinsectisation par la congélation

Le résultat de cette comparaison (figure 29) montre que la désinsectisation des dattes conventionnelles en utilisant le phostoxin génère des impacts négligeables sur l'écosystème et des impacts sur la santé humaine et le changement climatique nettement inférieurs à celle générés par la désinsectisation des dattes biologiques en utilisant la congélation. Ceci est dû au processus de congélation qui consomme de l'énergie et des fluides frigorigènes (pendant 4 h à -20°C).

7.3 Comparaison entre les deux phases de conditionnement- scénario de substitution de R22 par le R407C

Le R22 ou le chlorodifluorométhane est déjà interdit au sein de l'Union européenne en ce qui concerne son utilisation dans les appareils neufs, depuis le 30 juin 2004. Il est encore toléré, en maintenance, sur les appareils anciens jusqu'au 1er janvier 2015. On le remplace par des réfrigérants plus respectueux de l'environnement tels que R410A (un mélange zéotropique de difluorométhane et de pentafluoroéthane), R134a (1,1,1,2-tétrafluoroéthane) ou R407C.

Dans notre étude, on va étudier la substitution du R22 par le R407C.

Le R407C est un mélange zéotropique formé par les éléments suivants:

- R134a (52 %) : 1,1,1,2- tétrafluoroéthane ;
- R125 (25 %) : pentafluoroéthane ;
- R32 (23 %) : Difluorométhane.

Ces trois gaz ont des températures d'évaporation et de condensation différentes. De ce fait on observe un phénomène de glissement de température d'environ 5 °C.

Propriétés : Gazeux dans les conditions atmosphériques, Incolore et Ininflammable

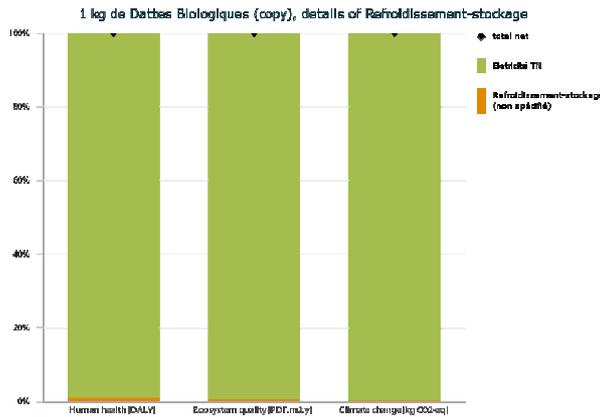


Figure 30: Résultat de l'écobilan détails refroidissement/stockage en utilisant le R407C

D'après la figure 30, on constate que le gaz R407 présente un impact faible sur la santé humaine, l'écosystème et le changement climatique.

En comparaison avec le graphique 19 (cas les dattes biologiques), on conclue que le R22 et le R407C présentent les mêmes impacts sur la santé humaine et l'écosystème tandis que l'impact sur le changement climatique est relativement négligeable pour le R407C. De ce fait, ce dernier est considéré comme un réfrigérant plus respectueux de l'environnement.

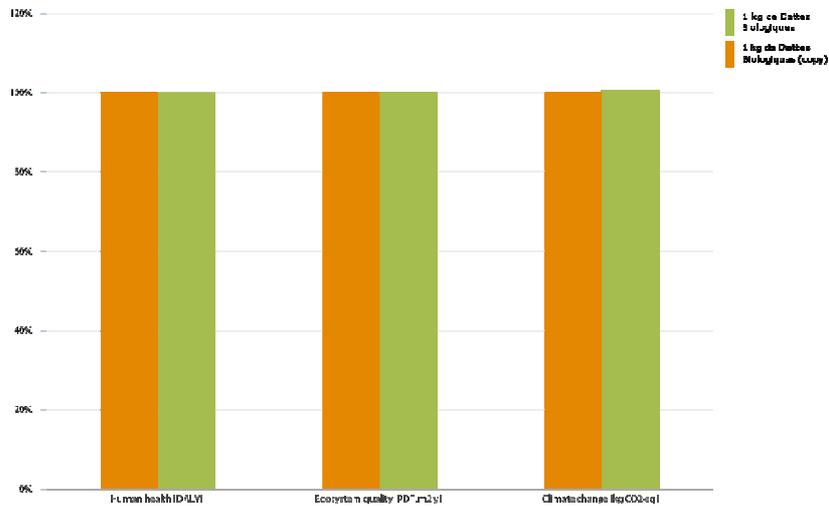


Figure 31: Résultat de comparaison de l'Ecobilans des deux types de refroidissement : R22 et R407C

D'après la figure 31 « étude comparative entre les dattes Bio avec R22 et Dattes Bio avec R407C », on constate que le l'usage de réfrigérant R407C au niveau de la phase de refroidissement (post traitement), présente un impact relativement inférieur sur le changement climatique par rapport à celui du R22.

8. Conclusion et Recommandations

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode normalisée pour évaluer de façon détaillée les impacts environnements d'un produit au cours de sa vie, "Dattes Deglet Nour". Cette analyse poussée de toutes les étapes du cycle de vie du produit (production agricole, conditionnement et transport) permet de modéliser et d'identifier les impacts environnementaux. Cela donne des clés à l'entreprise pour mettre en place de nouvelles stratégies de conception qui réduiront la pression sur les ressources naturelles, la santé humaine et l'environnement... et finalement obtenir un produit plus respectueux de l'environnement. Aussi ceci aide à l'entreprise à mettre en place un moyen d'affichage et de communication sur ses performances environnementales à travers un label ou une politique de communication environnementale.

Ainsi les résultats de l'ACV de 1KG de dattes Deglet Nour (unité fonctionnelle) produites dans la région de Tozeur, conditionnées dans la région de Beni Khaled et destinées à l'exportation permettent d'affirmer certaines conclusions et tirer certaines recommandations, ainsi que de mettre en évidence les limites de l'approche écobilan appliquée aux produits agricoles conditionnés.

Les résultats obtenus montrent que :

- ✓ La majeure partie de l'impact est "encapsulée" dans la phase de la production agricole et la phase de conditionnement des dattes conventionnelles et biologiques.
- ✓ Au niveau de la phase de conditionnement :

Les dattes conventionnelles génèrent le plus d'impact par rapport aux dattes Bio, soit 84% en plus sur la santé Humaine. Par rapport au changement climatique on trouve que le deux types des dattes présentent le même effet sur cette catégorie d'impact mais de point de vue effet sur la qualité de l'écosystème on trouve que les dattes conventionnelles génèrent des impacts légèrement supérieurs à celle des dattes biologiques, , soit 2% de plus en effet :

1- le traitement du fruit et particulièrement le refroidissement et le stockage, ainsi que la congélation pour les dattes Bio consomment de l'énergie (électrique +gaz) et des fluides frigorigènes de type (R22). Ces derniers génèrent des impacts sur l'environnement tel que la pollution de l'atmosphère. De plus ces fluides ont des propriétés irritantes pour l'appareil respiratoire. Par conséquent, il est recommandé de:

- Optimiser la consommation énergétique, en vue de minimiser les pertes et de diminuer la consommation globale;
- Encourager le plus possible l'approvisionnement en énergies renouvelables ;
- Substituer le R22 par un autre réfrigérant moins nocif sur l'environnement à savoir le R407C.

2- La désinsectisation des dattes conventionnelles en utilisant le Bromure de méthyle présente un impact important sur l'écosystème et la santé humaine. De ce fait, il est

approprié de substituer ce produit par des produits moins nocifs sur l'environnement et la santé humaine à savoir la phosphine ou le gaz carbonique (voir tableau N°5 en annexe).

✓ Au niveau de la phase agricole :

L'utilisation du fumier pour les dattes Biologiques génère moins d'impacts sur le changement climatique et l'écosystème, alors que l'utilisation des produits phytosanitaires tels que le DAP et le Maxi-fos provoquent des impacts prépondérants, alors que ces additifs sont strictement interdits au niveau de l'agriculture biologique.

Dans ce cas, il serait judicieux de remplacer l'utilisation des ces produits nocifs par celle de produits moins impactant. D'autant plus que les rendements de dattes par palmier ne sont pas différents entre conventionnelles et biologiques.

Cette étude met également en évidence les limitations de l'approche ACV pour les produits agricoles. En effet, si on se basant sur l'hypothèse que le rendement de dattes par palmier est presque le même pour les conventionnelles et les Bio, les écarts dans les résultats ne sont pas bien justifiables, pour conclure qu'un mode de production est meilleur qu'un autre. De plus, certaines notions telles que la rareté de l'eau, l'impact sur la biodiversité ou l'érosion et la dégradation des sols ne sont pas prises en compte dans cette approche. Aussi, les effets des produits phytosanitaires sur l'écosystème, et indirectement sur la santé humaine, restent très mal maîtrisés dans la méthodologie ACV.

9. Annexes

9.1 Inventaire de cycle de vie détaillé – Production agricole

Tableau 6: Inventaire des 5 premières années de développement du palmier-production conventionnelle

Durant les 5 années			somme des 5 années	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Utilisation des produits de croissance					
Fumier	36	Kg/palmier/ Année	1.6539	Kg/UF	poultry manure, dried, at regional storehouse [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 60)
Maxi-fos	1	Kg/trou	0.0143	Kg/UF	single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 54)
Fongicide	3	Kg/ha/année	0.001875	Kg/UF	fungicides, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 11190)
Herbicide	0.0108	Kg/palmier/année	0.000127	Kg/UF	glyphosate, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 98)
DAP	3	Kg/palmier/année	0.1875	Kg/UF	diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 45)
Irrigation					
Consommation d'eau	22464	M3/ha	14.04	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)
Mazout	61.5	l/ha	0.00645	Kg/UF	light fuel oil, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1560)
Construction & insulation		Kwh/an	0.248	m3/UF	concrete, normal, at plant [m3] - CH (Ecoinvent 2.2: 504)
Plastics		Kg/an	18.92	Kg/UF	polyvinylchloride, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1840)
Electricité					
Electricité			0.018	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Utilisation des machines					
Tracteur			0.00707	KgKm	transport, tractor and trailer [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2: 188)

Tableau 7: Inventaire de la phase de production du fruit conventionnel

		Unité	Conversion	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Croissance du fruit					
Fumier	30	Kg/palmier/ année	0.424	Kg/UF	poultry manure, dried, at regional storehouse [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 60)
Fongicide	3	kg/ha	0.000353	Kg/UF	fungicides, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 11190)
Herbicide	300	l/ha	0.000117	Kg/UF	glyphosate, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 98)
DAP	3	Kg/palmier/ année	0.0353	Kg/UF	diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 45)
Irrigation					
Consommation d'eau	22464	M3/ha	14.04	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)
Mazout	61.5	l/ha	0.00645	Kg/UF	light fuel oil, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1560)
Construction & insulation		Kwh/an	0.248	m3/UF	concrete, normal, at plant [m3] - CH (Ecoinvent 2.2: 504)
Plastics		Kg/an	18.92	Kg/UF	polyvinylchloride, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1840)
Electricité					
Electricité			0.0.018	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Utilisation des machines					
Tracteur			0.00707	KgKm	transport, tractor and trailer [tkm]-CH (Ecoinvent 2.2: 188)

Tableau 8: Inventaire des 5 premières années de développement du palmier- production Biologique

Durant les 5 années			somme des 5 années	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Utilisation des produits de croissance					
Fumier	36	Kg/palmier/ Année	0.424	Kg/UF	poultry manure, dried, at regional storehouse [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 60)
Phytosanitaire		Kg/trou	0.00003536	Kg/UF	single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 54)
Irrigation					
Consommation d'eau	22464	M3/ha	3.309	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)

Mazout		l/ha	0.0072489	Kg/UF	light fuel oil, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1560)
Construction & insulation		Kwh/an	0.0000292	m3/UF	concrete, normal, at plant [m3] - CH (Ecoinvent 2.2: 504)
Plastics		Kg/an	0.0022300	Kg/UF	polyvinylchloride, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1840)
Electricité					
Electricité			0.34666	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Utilisation des machines					
Tracteur			56.5770	KgKm	transport, tractor and trailer [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2: 188)

Tableau 9: Inventaire de la phase de production du fruit Biologique

		Unité	Conversion	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Croissance du fruit					
Fumier	30	Kg/palmier/ année	0.424	Kg/UF	poultry manure, dried, at regional storehouse [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 60)
Irrigation					
Consommation d'eau	22464	M3/ha	3.309	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)
Mazout		l/ha	0.007248	Kg/UF	light fuel oil, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1560)
Construction & insulation		Kwh/an	0.00002923	m3/UF	concrete, normal, at plant [m3] - CH (Ecoinvent 2.2: 504)
Plastics		Kg/an	0.002230080	Kg/UF	polyvinylchloride, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1840)
Electricité					
Electricité			0.34666	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Utilisation des machines					
Tracteur			9.429	KgKm	transport, tractor and trailer [tkm] - CH (Ecoinvent 2.2: 188)

9.2 Inventaire de cycle de vie détaillé – Conditionnement

Tableau 10: Inventaire de la phase de conditionnement du fruit conventionnel

		Unité	Conversion	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Fumigation					
Bromure de méthyle	5438.0625	Kg/an	0.00043125	Kg/UF	Methane, bromo-, Halon 1001, air, emission in high population area [kg] (Ecoinvent substances: 3154)
Consommation d'énergie	16225.021	Kwh/an	0.001286	KWH/UF	Mix Tunisien (*)
Stockage à froid					
Gaz frigorigène R22	144.114	Kg/an	0.0000114	Kg/UF	chlorodifluoromethane, at plant [kg] - NL (Ecoinvent 2.2: 384)
Consommation d'énergie	1274813.012	Kwh/an	0.101095	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Triage					
Consommation d'énergie	17221.657	Kwh/an	0.001365	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Lavage					
Consommation d'eau	15163.525	M3/an	0.0012025	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)
Consommation d'énergie	4920.602	Kwh/an	0.0003902	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Traitement thermique/hydratation/ séchage					
Consommation Electricité	83035.048	Kwh/an	0.00658	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Consommation Gaz	76676.726	Nm3/an	0.0000636	Kwh/UF	electricity, natural gas, at power plant [kWh] - IT (Ecoinvent 2.2: 1381)
Refroidissement post traitement					
Consommation d'énergie	252463.188	Kwh/an	0.020020	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Gaz frigorigène R22	117.0928	Kg/an	0.00000928	Kg/UF	chlorodifluoromethane, at plant [kg] - NL (Ecoinvent 2.2: 384)
Glucosage					
Solution de sirop de glucose	0.03	l glucose/kg dattes	0.04	Kg/UF	syrup, from sugar beet molasses, at distillery [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 6583)
Eau	-	-	-	-	
Electricité	2273.506	Kwh/an	0.0001802	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)

Sélection finale du produit

Consommation d'énergie	20170.595	Kwh/an	0.0015995	KWH/UF	Mix Tunisien (*)
------------------------	-----------	--------	-----------	--------	------------------

Emballage +Etiquetage

Emballage carton		10	g/UF	corrugated board, mixed fibre, single wall, at
------------------	--	----	------	--

					plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1689)
Plastics de base		8		g/UF	polystyrene, expandable, at plant [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1835)
Plastics transparent		5		g/UF	polyvinylchloride, at regional storage [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 1840)
Consommation d'énergie	85793	Kwh/an	0.0068035	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Gestion des déchets					
Eaux usées		M3/an	0.001314	M3/UF	Treatment, sewage, to wastewater treatment, class 5 [m3] - CH (Ecoinvent 2.2: 2279)
Déchets solides	971 906,8	Kg/an	0.12	Kg/UF	Biowaste, at collection point [kg] - CH (Ecoinvent 2.2: 6173)

Tableau 11: Inventaire de la phase de conditionnement du fruit Biologique

		Unité	Conversion	Unit/ UF	Caractériser sur Ecoinvent par :
Congélation					
Gaz frigorigène					
Consommation d'énergie		Kwh/an		KWH/UF	Mix Tunisien (*)
Stockage à froid					
Gaz frigorigène R22	4.4571	Kg/an	0.0000114	Kg/UF	chlorodifluoromethane, at plant [kg] - NL (Ecoinvent 2.2: 384)
Consommation d'énergie	39427.206	Kwh/an	0.1010954	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Triage					
Consommation d'énergie	532.628	Kwh/an	0.0013657	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Lavage					
Consommation d'eau	468.975	M3/an	0.0012025	M3/UF	tap water, at user [kg] - RER (Ecoinvent 2.2: 2288)
Consommation d'énergie	152.1830	Kwh/an	0.000390	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Traitement thermique/hydratation/ séchage					
Consommation Electricité	2541.907	Kwh/an	0.0065177	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Consommation Gaz	2371.4451	Nm3/an	0.005942	Kwh/UF	electricity, natural gas, at power plant [kWh] - IT (Ecoinvent 2.2: 1381)
Refroidissement post traitement					
Consommation d'énergie	7808.139	Kwh/an	0.0200208	Kwh/UF	Mix Tunisien (*)
Gaz frigorigène R22	3.621	Kg/an	9.281*10exp -6	Kg/UF	chlorodifluoromethane, at plant [kg] - NL (Ecoinvent 2.2: 384)

Tableau 12: Mix tunisien

	Composition 11	Caractériser sur Ecoinvent par
Gaz naturel, cycle combiné	0.502Kwh	electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology [kWh] - RER (Ecoinvent 2.2: 1375)
Eolien	0.07Kwh	electricity, at wind power plant [kWh] - RER (Ecoinvent 2.2: 2293)
Gaz naturel, turbine	0.121Kwh	electricity, natural gaz at turbine, 10Mw [kWh]- GLO (Ecoinvent 2.2: 1388)
Gaz naturel, centrale électrique	0.363Kwh	electricity, natural gaz, at power plant [kWh]- IT (Ecoinvent 2.2: 1381)
Hydroélectrique	0.04Kwh	electricity, hydropower, at run-of-river power plant [kWh]- RER (Ecoinvent 2.2: 985)
Photovoltaïque	0.03Kwh	electricity, production mix photovoltaic, at plant [kWh]- IT (Ecoinvent 2.2: 6891)
Fuel	0.01Kwh	Electricity, oil, at power plant [kWh]- UCTE (Ecoinvent 2.2: 6047)

Tableau 13: Inventaire de cycle de vie détaillé –Transport

Caractéristiques	Dattes conditionnelles	Dattes biologiques	Valeurs	Unités
Quantité transporté	12610000	390000		kg
Distance parcourut (Tozeur-Tunis/ Tunis- Tozeur)		950		km
Nombre de voyage effectués		600		

9.3 Compléments d'informations – Outils de l'ACV

9.3.1 Limites de « IMPACT 2002+ » :

A l'instar des autres méthodes d'évaluation, l'une des limites majeures de « IMPACT 2002+ » réside au niveau de l'émission de métaux dans l'environnement. En effet, en raison des difficultés liées à la modélisation de la spéciation, de la biodisponibilité et de la bioconcentration des métaux, à court et à long terme, dans l'environnement, les facteurs de caractérisation (écotoxicité et toxicité humaine) utilisés dans Impact 2002 ne s'appliquent qu'aux métaux émis sous leurs formes dissoutes (formes ioniques).

Par ailleurs, de nombreuses catégories d'impact, tels que les impacts sur l'environnement marin ou le bruit, ne sont pas considérés dans IMPACT 2002+. Elle omet ainsi, une catégorie qui se révèle importante notamment dans l'évaluation des impacts associés aux produits industriels : la production de déchets. Afin d'intégrer cet aspect à notre analyse, nous adjoindrons aux catégories d'impacts intermédiaires proposées par IMPACT 2002+, la catégorie supplémentaire des « déchets banaux » (« bulkwaste »), issue de la méthode d'évaluation EDIP (Hauschild et Wenzel, 1998).

¹¹ <http://www.dii-eumena.com/fr/country-focus/tunisia.html>

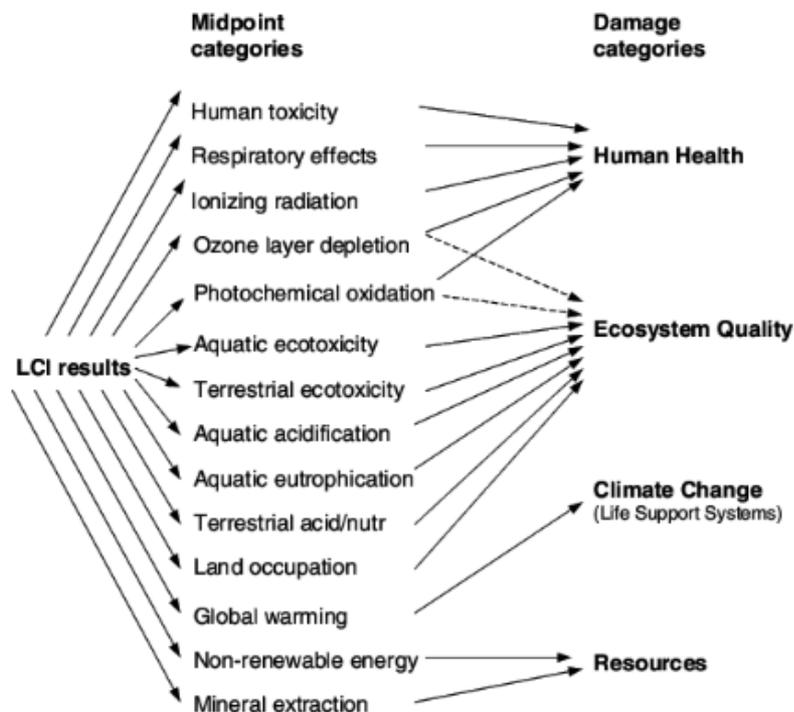


Figure 32: Schéma général de la méthode IMPACT 2002+ (Jolliet et al., 2003)

Tableau 14: Catégories intermédiaires d'impacts et substances de référence.

Source	Catégories intermédiaires	Substances de référence
[a]	Toxicité humaine (cancérigène)	kg chlorure de vinyle éq dans l'air
[a]	Toxicité humaine (non cancérigène)	kg chlorure de vinyle éq dans l'
[a]	Effets respiratoires (inorganique)	kg PM _{2.5} éq dans l'air
[a]	Destruction de la couche d'ozone	kg CFC-11 éq dans l'air
[a]	Radiations ionisantes	Bq Carbone-14 éq dans l'air
[a]	Formations de photo-oxydants	kg éthylène éq dans l'air
[a]	Effets respiratoires (organique)	kg éthylène éq dans l'air
[a]	Écotoxicité aquatique	kg triéthylène glycol éq dans l'eau
[a]	Écotoxicité terrestre	kg triéthylène glycol éq dans l'eau
[a]	Acidification / eutrophisation terrestre	kg SO ₂ éq dans l'air
[a]	Acidification aquatique	kg SO ₂ éq dans l'air
[a]	Eutrophisation aquatique	kg PO ₄ ³⁻ éq dans l'eau
[a]	Occupation des sols	m ² terre arable éq
[a]	Changement climatique	kg CO ₂ éq dans l'air
[a]	Extraction de minerais	MJ d'énergie supplémentaire ou kg Fe éq (minéral)
[a]	Energie non renouvelable	MJ totaux d'énergie non renouvelable ou kg pétrole brut éq
[b]	Déchets banaux	kg de déchets

Tableau 15: Facteurs et unités de dommages

Catégories intermédiaires	Facteurs de dommages	Unité de dommages	Catégories de dommages
Toxicité humaine (cancérigène)	$2,80.10^{-6}$	[DALY / kg chlorure de vinyle]	Santé Humaine
Toxicité humaine (non cancérogène)	$2,80.10^{-6}$	[DALY / kg chlorure de vinyle]	
Effets respiratoires inorganiques	7.10^{-4}	[DALY / kg PM _{2.5}]	
Radiations ionisantes	$2,10.10^{-10}$	[DALY / Bq Carbone-14]	
Destruction de la couche d'ozone	$1,05.10^{-3}$	[DALY / kg CFC-11]	
Effets respiratoires organiques	$2,13.10^{-6}$	[DALY / kg éthylène]	
Ecotoxicité aquatique	$5,02.10^{-5}$	[PDF.m ² .an / kg triéthylène glycol]	Qualité des écosystèmes
Ecotoxicité terrestre	$7,91.10^{-3}$	[PDF.m ² .an / kg triéthylène glycol]	
Acidification / eutrophisation terrestre	1,04	[PDF.m ² .an / kg SO ₂ éq dans l'air]	
Acidification aquatique	/	/	
Eutrophisation aquatique	/	/	
Occupation des sols	1,09	[PDF.m ² .an / m ² terre arable organique]	
Changement climatique	1	[kg CO ₂ / kg CO ₂]	Changement climatique
Extraction de minerai	1	[MJ primaire / MJ primaire] ou [MJ/ kg Fe éq]	Ressources
Energie non renouvelable	1	[MJ primaire / MJ surplus] ou [MJ/ kg pétrole brut]	
Déchets banaux	/	/	/

Tableau 16: Les produits de substitution du Bromure de Méthyle

Produits de substitution	Caractéristiques
<p style="text-align: center;">Le Gaz Carbonique</p>	<p>Le Gaz carbonique semble également offrir un potentiel considérable pour remplacer le Bromure de Méthyle. Appliqué à une pression atmosphérique normale, le temps d'action pour un contrôle total des insectes est de 10 jours au minimum. A une concentration de 98 % et à haute pression (30 kg/cm²), un temps d'action compris entre 5 à 20 mn suffit déjà pour obtenir les mêmes effets. L'autoclave nécessaire à l'application de cette technique est un appareil onéreux, ce qui limite l'utilisation de ce gaz aux marchandises de grande valeur (Caliboso et al, 1994).</p>
<p style="text-align: center;">La Phosphine</p>	<p>Dû à la lenteur de ses effets et à la longue période d'exposition requise (entre 4 et 10 jours dans les conditions d'application classiques), il semble à première vue que la Phosphine (ou Hydrogène phosphoré - PH₃) ait peu de chances de pouvoir se substituer au Bromure de Méthyle. Cette opinion est cependant erronée, vu que de nouvelles techniques d'application ont ouvert à ce gaz, fort utile dans la fumigation des denrées conservables, des perspectives intéressantes.</p> <p>Phosphine + Gaz carbonique sous température élevée :</p> <p>Autre champ d'application de la Phosphine, encore peu exploité: l'utilisation d'une dose de Phosphine réduite (56 à 100 ppm) en combinaison avec du Gaz carbonique (CO₂) dans une proportion de 4 à 6 % et à une température élevée de 32 à 37 °C. Lors de la fumigation de moulins aux Etats-Unis, on a enregistré dans les conditions décrites des mortalités de 100 % chez des ravageurs des stocks testés à la suite d'une exposition de 24 heures. Le test impliquait les espèces <i>Triboliumcastaneum</i>, <i>Trogodermavariabile</i>, <i>Sitophilusoryzae</i> et <i>Sitotrogacerealella</i> (Mueller, 1994)</p>

Tableau 17: Composition chimique des constituants du R407C

Gaz	Base Ecoivent2.2	Commentaires
R134a (52 %) : 1,1,1,2-tétrafluoroéthane ;	Trifluorométhane/ tétrafluoroéthylène	<p>Le tétrafluoroéthane, le trifluorométhane et le tétrafluoroéthylène sont des gaz de type HFC.</p> <p>Le tétrafluoroéthane est un alcanedont la formule chimique est :</p> $\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{H} \end{array}$ <p>Par contre le Tétrafluoroéthylène est un alcène.</p> <p>Il est avantageux de choisir le produit de la même famille .</p> <p>Dans notre cas le jeu de données qui sera utilisé dans la base est le Trifluorométhane.</p> <p>Le tétrafluoroéthane et le tétrafluoroéthylène sont des gaz de type HFC</p>
R125 (25 %) : pentafluoroéthane ;	Monochloropentafluoroéthane/ Tétrafluoroéthylène	<p>Il est opportun dans ce cas d'utiliser le Tétrafluoroéthylène au lieu le monochloropentafluoroéthane .</p> <p>En effet, le Pentafluoroéthane et le tétrafluoroéthylène sont de classe HFC tandis que le Monochloropentafluoroéthane est de type HCFC.</p> <p>Et comme déjà reconnu les HFC sont des molécules chimiques sont composées de carbone, de fluor et d'hydrogène. Elles ne contiennent pas de chlore et ne participent donc pas à la destruction de la couche d'ozone. Elles représentent une solution viable et éprouvée aux problèmes que les procédures du Protocole de Montréal et du Protocole de Kyoto cherchent à résoudre.</p> <p>Les HFC sont peu gourmands en énergie, peu toxiques, économiques et sans danger pour l'utilisateur. Les pouvoirs publics et l'industrie soutiennent leur utilisation au niveau mondial dans des applications qui répondent à des besoins environnementaux et sociétaux importants, dont les aérosols-doseurs, l'isolation, la réfrigération, la climatisation et les extincteurs.</p> <p>Par contre les HCFC contiennent de chlore qui peut détruire au moins 100 000 molécules d'ozone avant de rencontrer par hasard une autre molécule avec laquelle il se lie pour former une substance à longue durée de vie. Ils contribuent donc fortement au réchauffement climatique.</p>
R32 (23 %) : Difluorométhane.	Trifluorométhane/ difluoroéthane	Il est avantageux de choisir le difluoroéthane