

# Analyse du cycle de vie des pommes

## Gala du Valais

### Rapport final

*Préparé pour le Service de l'agriculture de l'Etat du  
Valais*

*Par: Quantis*

Denis Bochatay, Chef de projet

Guillaume Schneider, Analyste

23 mai 2013



Quantis est un cabinet de conseil leader en analyse du cycle de vie (ACV) spécialisé dans l'accompagnement d'entreprises afin de mesurer, comprendre et gérer les impacts environnementaux de leurs produits, services et activités. Quantis est une entreprise internationale qui compte des bureaux aux États-Unis, au Canada, en Suisse et en France et qui emploie près de 70 personnes, parmi lesquelles on retrouve des experts mondialement reconnus en analyse du cycle de vie.

Quantis offre des services de pointe dans les secteurs suivants : empreintes environnementales (indicateurs multiples incluant le carbone et l'eau), écoconception, chaîne d'approvisionnement durable et communications environnementales. Quantis fournit également un logiciel novateur en ACV, Quantis SUITE 2.0, qui permet aux organisations d'évaluer, analyser et gérer leur empreinte environnementale avec facilité. Forte de ses relations étroites avec la communauté scientifique et ses collaborations stratégiques de recherche, Quantis a fait ses preuves quant à l'application de ses connaissances et son expertise pour accompagner ses clients à traduire des résultats issus de l'ACV en décisions et plans d'action. Pour plus de renseignements, visitez [www.quantis-intl.com](http://www.quantis-intl.com).

Ce rapport a été préparé par le bureau suisse de Quantis. Toute question relative à ce rapport doit être adressée à Quantis Suisse.

**Quantis Suisse**

Parc Scientifique de l'EPFL, Bâtiment D

1015 Lausanne

Suisse

Tel: +41 21 693 91 92

[info@quantis-intl.com](mailto:info@quantis-intl.com)

[www.quantis-intl.com](http://www.quantis-intl.com)

INFORMATIONS DU PROJET	
<b>Titre du projet</b>	Analyse du cycle de vie des pommes Gala du Valais
<b>Mandataire</b>	Service de l'agriculture de l'Etat du Valais
<b>Responsabilité</b>	Les informations et les résultats figurant dans ce rapport ont été calculés sur la base de sources considérées fiables. La mise en oeuvre de ces résultats est à l'entière discrétion et de la seule responsabilité du lecteur. Quantis ne peut être tenu responsable de toute perte ou dommage découlant de l'utilisation des informations contenues dans ce document.
<b>Version</b>	Rapport final
<b>Équipe de projet</b>	Denis Bochatay, Chef de projet ( <a href="mailto:denis.bochatay@quantis-intl.com">denis.bochatay@quantis-intl.com</a> ) Guillaume Schneider, Analyste ( <a href="mailto:guillaume.schneider@quantis-intl.com">guillaume.schneider@quantis-intl.com</a> )
<b>Contacts client</b>	Mauro Genini, Responsable phytosanitaire ( <a href="mailto:mauro.genini@admin.vs.ch">mauro.genini@admin.vs.ch</a> )
<b>Fichiers associés</b>	Ce rapport est associé aux fichiers électroniques suivants : <ul style="list-style-type: none"><li>EtatValais_ACVPommesGala_PrésentationFinale.ppt</li></ul>

## Liste des abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
ISO	International Organization for Standardization
UF	Unité Fonctionnelle
CC	Changements Climatiques
R	Ressources
EA	Ecotoxicité Aquatique
ET	Ecotoxicité Terrestre
EuA	Eutrophisation Aquatique
OdS	Occupation du Sol

## Contenu

Liste des abréviations.....	iv
1. INTRODUCTION .....	1
2. MODÈLE D'ÉTUDE .....	2
2.1. Contexte et objectifs de l'étude.....	2
2.2. Public concerné.....	2
2.3. Périmètre et limites du système .....	3
Description du produit.....	3
Unité fonctionnelle et flux de référence.....	3
Limites du système.....	3
Limites géographiques et temporelles .....	4
Principales hypothèses pour la phase A .....	4
Principales hypothèses pour la phase B.....	5
Hors système.....	6
2.4. Collecte de données.....	6
2.5. Scénario de référence et variantes .....	6
Production valaisanne.....	6
Autres paramètres .....	6
2.6. Méthode d'évaluation des impacts .....	7
Catégories intermédiaires.....	7
Catégories de dommage .....	8
3. PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	9
3.1. Présentations des résultats du scénario de référence .....	9
Changements climatiques.....	9
Ressources .....	11
Ecotoxicité aquatique .....	11
Ecotoxicité terrestre .....	12
Eutrophisation aquatique .....	12
Occupation du sol .....	12
3.2. Présentations des résultats des différents scénarios pour les changements climatiques .....	12
Phase A.....	13
Phase B.....	14
3.3. Présentations des résultats des différents scénarios pour les autres indicateurs .....	16
4. LIMITES DE L'ÉTUDE.....	20

5. RECOMMANDATIONS ..... 21

6. CONCLUSIONS ..... 22

    Définition des objectifs et du champ de l'étude..... 24

    Analyse de l'inventaire..... 24

    Évaluation des impacts ..... 25

    Interprétation ..... 25

    Références ..... 26

## **1. INTRODUCTION**

Le présent rapport conclut l'étude « ACV des pommes gala du Valais », commandité par le Service d'agriculture de l'Etat du Valais.

Les principaux résultats de l'étude sont disponibles dans ce rapport, de façon synthétique. Par ailleurs, le modèle développé dans le logiciel Quantis SUITE 2.0, mis à disposition de l'Etat du Valais, permet d'extraire des résultats plus détaillés selon les besoins.

L'objectif principal de l'étude est le suivant. Il s'agit de comprendre les impacts environnementaux de la production des pommes Gala valaisannes, de la production à leur distribution, afin de recommander les meilleures pratiques auprès du verger valaisan. Un ensemble de variantes ont été développées à cet effet. Les résultats permettent aussi, dans une moindre mesure, de comprendre les atouts de la production valaisanne afin de mieux positionner ses produits auprès des consommateurs.

## 2. MODÈLE D'ÉTUDE

### 2.1. Contexte et objectifs de l'étude

Le Service de l'agriculture de l'Etat du Valais a pour mission d'améliorer la performance globale de l'agriculture valaisanne, notamment en termes économiques et environnementaux. En ce sens, dans un contexte d'ouverture des marchés agricoles et de perception croissante par le consommateur de la qualité environnementale des produits qu'il achète, le Service de l'agriculture a lancé un projet visant à établir des bilans écologiques pour les produits phares du canton, tels que les pommes, les abricots, les asperges, le vin, la raclette, etc.

Les objectifs principaux visés par le Service de l'agriculture sont les suivants :

- Identifier les éléments écologiquement faibles de la production afin de proposer des pistes d'actions aux producteurs
- Situer les produits valaisans par rapport à des produits concurrents
- Disposer, le cas échéant, de nouveaux arguments de vente

En conséquence, cette première étude teste l'utilisation de l'analyse du cycle de vie (ACV) sur la production de pommes Gala et de plusieurs variantes de production.

Les objectifs de l'étude sont donc :

- Evaluer l'impact sur l'environnement d'un scénario de référence de production de pommes Gala en Valais
- Réaliser des variantes afin de prendre en compte des modèles différenciés de productions, concernant la fumure, l'irrigation, l'équipement de récolte et la protection anti-grêle
- Mettre en perspective les résultats de la pomme Gala du Valais en variant certains paramètres (distance, modes de production, etc.) pouvant s'appliquer à d'autres producteurs de pommes Gala

### 2.2. Public concerné

Le public concerné est en premier lieu les professionnels du Service de l'agriculture. Dans un second temps, la transmission de certaines informations aux producteurs voire au grand public pourrait être réalisé.

Nous attirons votre attention que les conditions de la communication d'ACV comparative sont définies dans les normes ISO 14040 et 14044. Lorsque la communication peut affecter de façon négative des produits concurrents, un respect strict de ces normes doit être respecté. Il serait par

exemple nécessaire de disposer de données primaires, de tester leur qualité et de réaliser une revue critique par des experts externes.

## 2.3. Périmètre et limites du système

### Description du produit

L'ACV concerne la production de la pomme Gala, du plantage des arbres fruitiers entre Martigny et Sion jusqu'à sa distribution au front de vente. Afin de tenir compte de l'évolution de la production par hectare pendant les premières années du verger, les données transmises prennent en compte l'ensemble du cycle de plantage du verger jusqu'à l'arrachage des arbres et leur remplacement, soit une durée de 15 ans.

### Unité fonctionnelle et flux de référence

Les scénarios étudiés sont évalués sur la base de leur **fonction** : « *produire un kilo de pommes Gala* ».

La définition de l'**Unité Fonctionnelle** (UF) est un élément clé de la réalisation d'une analyse du cycle de vie.

Deux unités fonctionnelles ont été définies comme suit :

**Phase A** : « **La production d'un kilo de pommes Gala, de la production à l'expédition (départ Valais)** »

**Phase B** : « **La production d'un kilo de pommes Gala, de la production à la porte d'entrée du distributeur** »

Les **flux de référence** font appel à la quantité de produits nécessaires pour remplir la fonction étudiée. Toutes les hypothèses employées pour la quantification des flux de référence ont été intégrés dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

### Limites du système

Les frontières du système servent à identifier les étapes, processus et flux qui seront considérés dans l'ACV. Elles incluent : 1) toutes les activités pertinentes à l'atteinte des objectifs de l'étude et donc nécessaires à la réalisation de la fonction étudiée ; et 2) tous les processus et flux contribuant de manière significative à l'impact environnemental potentiel. Les frontières des systèmes des deux phases sont décrites à la Figure 1.

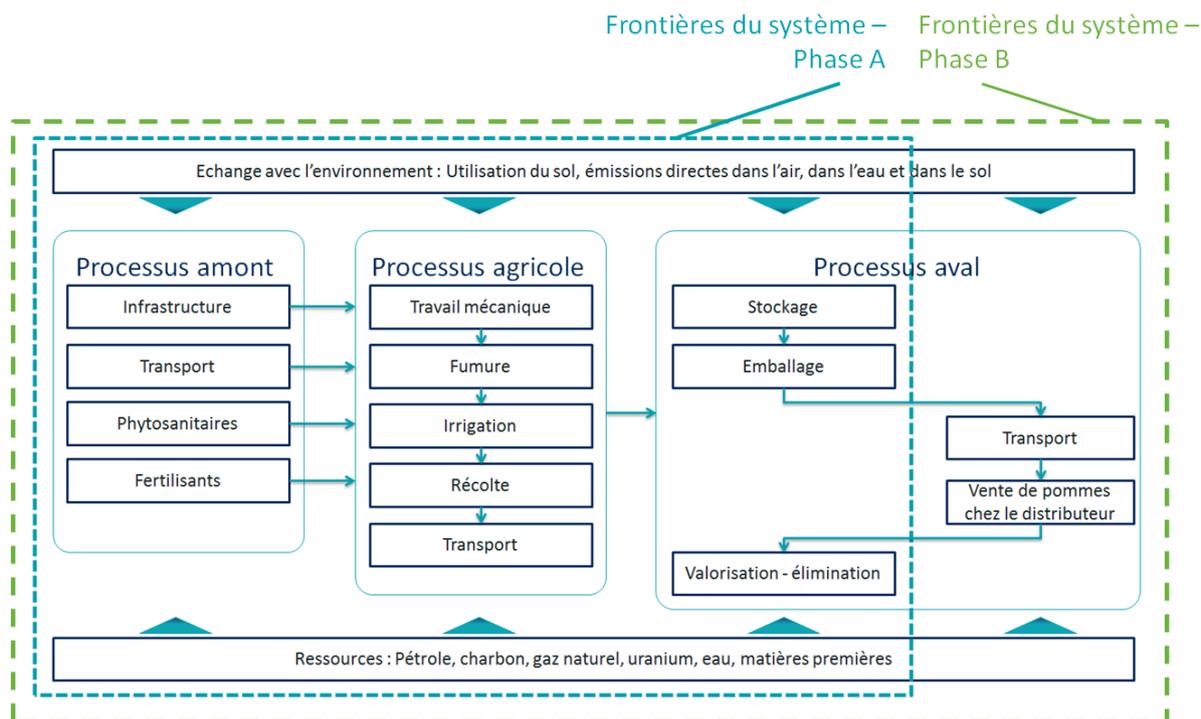


Figure 1 Frontières des systèmes étudiés en phases A et B

### Limites géographiques et temporelles

Les données communiquées par le Service de l'agriculture concernent avant tout la production valaisanne de pommes Gala, selon un cycle annuel, avec une distribution en Suisse. Toutefois, pour éviter d'introduire un biais dans l'étude en raison des faibles émissions des 3 premières années du verger, les données sont collectées sur une période de 15 ans.

Il est à noter que les processus utilisés pour la modélisation peuvent avoir eu lieu n'importe où sur la planète et en dehors de ce cycle temporel (ex : production des produits phytosanitaires, etc.). De même, certains processus engendrent des émissions qui s'appliquent sur de longues périodes de temps ou en dehors du périmètre valaisan/suisse.

### Principales hypothèses pour la phase A

Ci-dessous sont listées uniquement les principales données servant à la modélisation de la phase A. Pour une visualisation détaillée des données, il est possible de les consulter dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

- Phase A : Rendement moyen sur 15 ans d'exploitation de la pomme Gala en considérant l'année de plantation : 33.9 t/ha\*an
- Allocation économique pour la catégorie des fruits. 99% des impacts alloués à la production des fruits et 1% pour l'industrie et le cidre
- 20 produits phytosanitaires, 15 passages par an
- Fumure N, P, K et Mg, Ca

- Irrigation par aspersion : pompage dans la nappe d'eau non potabilisée 1'800 m<sup>3</sup>/hectare\*an
- Durée moyenne de stockage (réfrigération) : 160 jours
- Vente des pommes en vrac – plateau IFCO (90%) et en barquette cartonnée (10%)
- Distribution des pommes, Saxon – Bern (distance d'approvisionnement : 136 km)
- Fin de vie : valorisation énergétique du bois en chaufferie (tuteurs, bambous, pommier à l'arrachage), recyclage de l'infrastructure en métal (câblage, fil de fer, perches) et valorisation énergétique (électricité et chaleur) pour l'emballage, nourrices PVC, attaches, etc.

### Principales hypothèses pour la phase B

Dans la Table 1 sont listées uniquement les principales données servant à la modélisation de la phase B. Pour une visualisation détaillée des données, il est possible de les consulter dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

Table 1 Données principales pour la comparaison des zones géographiques

Scénario	Distribution (Berne)	Irrigation	Rendement <sup>1</sup>	Lutte anti-grêle
<b>Valais</b> (Saxon)	136 km - camion	aspersion 1800 m <sup>3</sup> /ha*an	33.9t/ha*an	0%
<b>Suisse orientale</b> (Thurgovie)	178 km - camion	10% aspersion (sous frondaison) 352 m <sup>3</sup> /ha*an	33.9t/ha*an <sup>2</sup>	100%
<b>Vaud - La Côte</b> (Perroy)	120 km - camion	20% goutte à goutte 218.7 m <sup>3</sup> /ha*an	34.8 t/ha*an	100%
<b>Italie</b> (Trentino-Alto Adige)	447 km - camion	aspersion 1800 m <sup>3</sup> /ha*an	36 t/ha*an	80%
<b>Nouvelle Zélande</b>	21'500 km Bateau + 800 km camion	aspersion 1800 m <sup>3</sup> /ha*an	46.6 t/ha*an	0%

<sup>1</sup> Pour les zones géographique suisses hors Valais, les sources de données proviennent de Fruit-Union Suisse (FUS), 2011, en considérant les années 1 à 3 avec rendements plus faibles.

<sup>2</sup> En l'absence de données fiables, les rendements des pommes Gala de Thurgovie ont été considérés identiques aux rendements valaisans.

## Hors système

Certains processus ont été exclus de l'étude soit en raison du manque de données de qualité, soit parce qu'on s'attend à ce que leur impact représente moins du 1% de l'impact total. Il s'agit notamment de :

- Fabrication des cellules frigorifiques pour le stockage des pommes
- Fabrication et élimination des machines pour la récolte ou le travail mécanique (tracteur, épandeur)

## 2.4. Collecte de données

Le Service de l'agriculture a transmis à Quantis un fichier de collecte de données très détaillé sous format excel sur la production valaisanne de pommes Gala. Toutes les données nécessaires à la modélisation des phases A et B ont été intégrées dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

## 2.5. Scénario de référence et variantes

L'étude est réalisée sur un scénario de référence, représentant largement la pratique agricole de vergers de pommes Gala en Valais. Au-delà de ça, plusieurs variantes ont été analysées dans le but d'identifier certaines pistes de mitigation de l'impact de la production de pommes.

### Production valaisanne

Les variantes ci-dessous correspondent à des variantes possibles de culture valaisanne. Les données primaires ont été mises à disposition par le Service de l'agriculture.

- Fumure organique type compost plus complément Biorga
- Fumure organique type fumier plus Biorga végétal
- Aspersion sur frondaison par pompage électrique
- Aspersion sur frondaison par pompage diesel
- Irrigation par goutte à goutte électrique
- Irrigation par goutte à goutte diesel
- Equipement de récolte à l'aide de petit train et palloxe
- Equipement de récolte autotractée

### Autres paramètres

D'autres paramètres, ne concernant pas directement la production valaisanne, sont également évalués dans l'étude. Ils concernent notamment des productions de provenances différentes en Suisse ou à l'étranger. En l'absence de données primaires de qualité, ces scénarios sont construits à

titre indicatif mais ne peuvent pas être communiqué de façon comparative de façon à porter préjudice aux producteurs de pommes de provenances différentes.

- Protection anti-grêle
- Variation des rendements (Ex : Italie, Nouvelle Zélande, Vaud, Thurgovie)
- Variation du mix électrique (Ex : mix de production suisse (CH), mix UCTE, mix de production italienne (IT), mix de production néo-zélandais (NZ))
- Variation des volumes d'eau d'irrigation
- Variation des distances de transports jusqu'au lieu de production

## 2.6. Méthode d'évaluation des impacts

Une description détaillée de la méthodologie ACV est présentée à l'annexe 1.

La méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie utilisée dans cette étude est la méthode IMPACT 2002+ vQ2.2. Parmi l'ensemble d'indicateurs qu'offre cette méthode, 6 indicateurs ont été retenus pour l'étude : 4 catégories intermédiaires et 2 catégories de dommage, soit :

### Catégories intermédiaires

1. **Écotoxicité aquatique (kg triethylene glycol (TEG) émi dans l'eau-eq) (EA):** Cette catégorie mesure les effets sur les écosystèmes aquatiques (eaux fraîches) en termes de réduction de biodiversité causée par les émissions écotoxiques (notamment les métaux lourds) dans l'environnement.
2. **Écotoxicité terrestre (kg triethylene glycol (TEG) émi dans le sol-eq) (ET):** Cette catégorie mesure les effets sur les écosystèmes terrestres en termes de réduction de biodiversité causée par les émissions écotoxiques (notamment les métaux lourds) dans l'environnement.
3. **Eutrophisation aquatique (kg  $\text{PO}_4^{3-}$ -eq) (EuA):** Cette catégorie se réfère à l'augmentation graduelle en nutriments des eaux, permettant une augmentation de la biomasse notamment algale, qui lorsqu'elle se dégrade consomme l'oxygène dissout dans l'eau et amène à une réduction des espèces les plus sensibles à la concentration en oxygène dissout. Ces nutriments sont principalement associés au phosphore et aux nitrates contenus dans les détergents et les engrais.
4. **Occupation des sols ( $\text{m}^2$  org arable-eq.y) (OdS):** Cette catégorie mesure la réduction de biodiversité causée par l'utilisation du sol. Cette catégorie est dominée par l'agriculture et la déforestation.

## Catégories de dommage

5. **Changements climatiques (kg CO<sub>2</sub>-eq) (CC):** Cet indicateur est calculé sur la base du potentiel de réchauffement global (GWP) sur 100 ans de divers gaz à effet de serre tel que prescrit par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2007). Les substances connues pour contribuer au réchauffement planétaire sont ajustées selon leur GWP, exprimé en kilogrammes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) équivalents. Parce que l'absorption et l'émission de CO<sub>2</sub> à partir de sources biologiques peut souvent conduire à des interprétations erronées des résultats, il n'est pas rare d'exclure ce CO<sub>2</sub> biogénique lors de l'évaluation des GWP. Conformément à la recommandation du *Publicly Available Standard* (PAS) 2050 pour le calcul de l'empreinte carbone, l'absorption et l'émission de CO<sub>2</sub> biogénique ne sont pas comptabilisées. Afin de tenir compte de l'effet de sa dégradation en CO<sub>2</sub>, le GWP du méthane (CH<sub>4</sub>) d'origine fossile est fixé à 27.75 kg CO<sub>2</sub>-eq/kgCH<sub>4</sub>, et celui du méthane d'origines biogénique ou non spécifiée est fixé à 25 kg CO<sub>2</sub>-eq/kgCH<sub>4</sub>.
6. **Ressources (MJ) (R):** Cet indicateur traduit l'utilisation de ressources non renouvelables, énergétiques ou matérielles. Plus d'importance peut être accordée à certains matériaux en fonction de leur abondance et de leur difficulté d'acquisition. L'évaluation de l'impact global sur l'épuisement des ressources a été réalisée suivant l'indicateur de dommages « *Resources* » de la méthode IMPACT 2002+, qui combine l'utilisation d'énergie primaire de sources non renouvelables et l'extraction de minerai. L'utilisation d'énergie primaire non renouvelable inclut la consommation de ressources fossiles et nucléaires, mais exclut les sources d'énergie renouvelables à toutes les étapes du cycle de vie. L'utilisation d'énergies non renouvelables pour la production d'énergie renouvelable est cependant prise en compte. L'extraction de minerai est une estimation de la quantité additionnelle d'énergie qui serait nécessaire pour en extraire une quantité donnée supplémentaire, du fait d'une accessibilité rendue plus difficile (basé sur la méthode Eco-indicateur 99). Cet indicateur est exprimé en mégajoules (MJ).

### 3. PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Présentations des résultats du scénario de référence

La Figure 2 présente les impacts potentiels générés de la production de un kilo de pommes Gala en Valais pour les six indicateurs retenus. Les sous sections interprètent les résultats pour chaque indicateur.

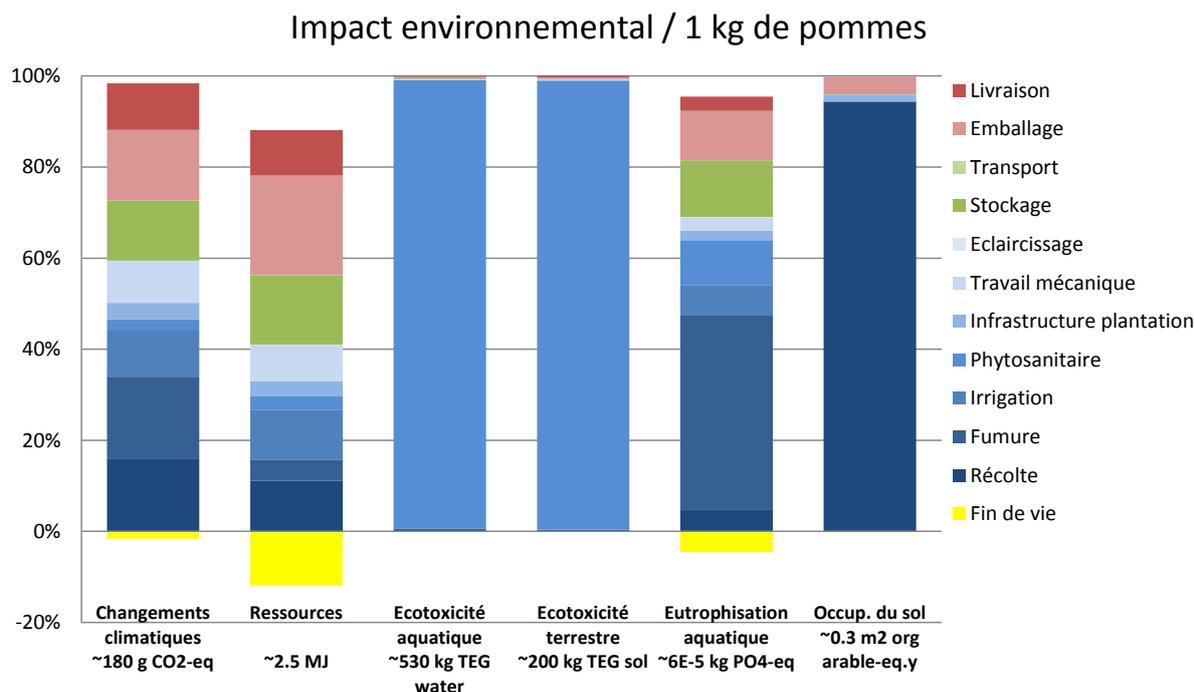


Figure 2 Profil environnemental par étape du cycle de vie de la production d'un kilo de pommes Gala en Valais pour les six indicateurs évalués

Les résultats sont corrélés pour les indicateurs *changements climatiques* et *ressources* ainsi que pour l'*écotoxicité aquatique* et l'*écotoxicité terrestre*. Les impacts générés (toutes les étapes permettant de répondre à l'objectif de l'unité fonctionnelle) sont représentés en positifs. Les impacts évités (bénéfices attribués grâce au recyclage ou valorisation énergétique) sont représentés en négatif.

#### Changements climatiques

En bref, le résultat global pour la production et la distribution de pommes valaisanne est le suivant :

- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à l'expédition (départ Valais, donc sans la partie livraison) génère environ 160 g CO<sub>2</sub>-eq**
- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à la porte d'entrée du distributeur (donc avec la partie livraison) génère environ 180 g CO<sub>2</sub>-eq**

La Figure 3 représente les résultats pour l'indicateur *changements climatiques* en format « camembert » et regroupé en trois principales étapes (phase B) : 1) Production, 2) Transport et stockage, et 3) Emballage et livraison.

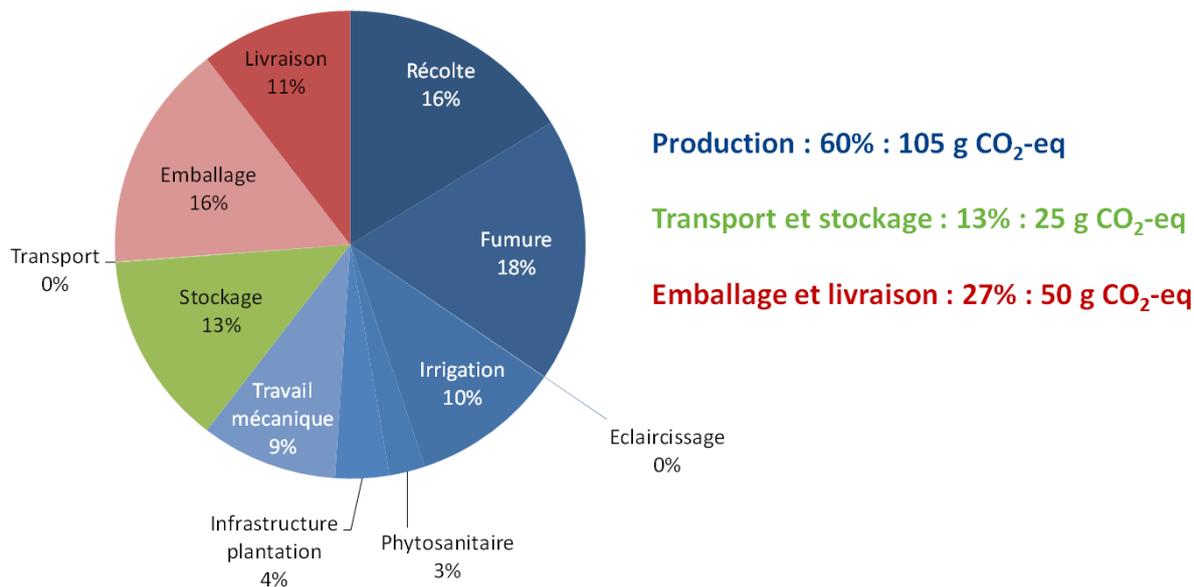


Figure 3 Détail des contributions de l'impact sur les *changements climatiques* de un kilo de pommes Gala de la production à la porte d'entrée du distributeur

1) La production est le poste présentant les impacts les plus importants. Elle représente environ 60% de l'impact total. Il s'agit notamment de la combustion des énergies fossiles (diesel) générées lors de la récolte par les tracteurs, du travail mécanique ; notamment le passage du girobroyeur, de l'épandage des fumures et de la pulvérisation des produits phytosanitaires.

L'impact de la fumure (azote, phosphate, magnésium et potassium) est dominé par la production de l'engrais azoté (56.7 kg N/ha\*an) et des émissions directes dans l'air de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) générées lors de l'épandage. Le protoxyde d'azote a un pouvoir de réchauffement de 298 kg CO<sub>2</sub> / kg de N<sub>2</sub>O.

L'impact de l'irrigation (10%) est principalement dominé par la consommation énergétique (diesel et électricité) nécessaire pour l'arrosage et pour lutter contre le gel.

2) Les phases de transport et le stockage des pommes représentent environ 13% de l'impact. Dans la phase de transport ont été considérés les déplacements suivants : 1) pépinière – lieu de plantation, 2) lieu de récolte – lieu de stockage en Valais, 3) lieu de plantation – lieu d'élimination. L'énergie électrique pour la réfrigération des cellules frigorifiques pour conserver les pommes Gala tout au long de l'année représente le plus gros impact. Chaque cellule permet de contenir environ 50'000 kilos de pommes qui sont stockées 160 jours en moyenne.

3) L'emballage et la livraison sont responsables d'environ 27% de l'impact sur les *changements climatiques*. L'emballage des pommes Gala en Valais pour la vente se fait soit en barquette en carton filmée (10.5%) soit en plateau type IFCO ouvert (89.5%). Il est intéressant de relever que malgré un conditionnement peu élevé des pommes en barquette en carton (10.5%), **celle-ci représente 50% de l'impact de l'emballage**. Alors que les barquettes en carton sont à usage unique, l'étude a considéré un nombre de 15 rotations pour les plateaux IFCO.

L'impact du transport pour la livraison représente 11% des impacts. La distance parcourue entre Saxon (expédition) et Berne (distribution) est de 136 km. Le trajet s'effectue en camion de plus de 28 tonnes.

### Ressources

Comme mentionné à la section 3.1, les résultats pour l'indicateur *changements climatiques* et *ressources* sont corrélés. Les interprétations sont donc similaires, excepté pour la fumure ou les émissions directes dans l'air de N<sub>2</sub>O n'ont pas d'impact sur l'indicateur *ressources*.

Une première partie des bénéfices environnementaux en fin de vie proviennent de la valorisation énergétique des emballages en usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) qui permet de substituer de l'énergie fossile électrique et thermique. Une deuxième partie du bénéfice provient du recyclage des métaux (câblage, fil de fer, perches) qui permet d'éviter l'extraction de ressources minière et la production d'acier primaire.

### Ecotoxicité aquatique

En bref, le résultat global pour la production et la distribution de pommes valaisanne est le suivant :

- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à la porte d'entrée du distributeur génère environ 530 TEG water**

La majorité de l'impact sur l'indicateur *écotoxicité aquatique* provient des produits phytosanitaires, principalement des émissions directes dans le sol des molécules actives des phytosanitaires et plus spécifiquement du cuivre (1kg cuivre/ha\*an).

Après ruissellement dans les eaux, le cuivre est stocké dans les sols. Parmi les différents polluants considérés, les métaux lourds comme le cuivre jouent un rôle environnemental central pour les écosystèmes aquatiques et terrestres. L'effet des métaux émis dans l'air lors des traitements se fait essentiellement par déposition sur des surfaces agricoles après lessivage et par transfert dans la nourriture. L'impact important des métaux lourds s'explique par leur durée de vie dans les sols extrêmement longues alors que les autres éléments ou molécules ont une durée de vie beaucoup plus courte.

Après le cuivre, les émissions directes dans le sol de l'herbicide diuron (1.44 kg/ha\*an) est le phytosanitaires présentant les impacts les plus importants sur *l'écotoxicité aquatique* (1.26 TEG water/kg de pommes).

### Ecotoxicité terrestre

En bref, le résultat global pour la production et la distribution de pommes valaisanne est le suivant :

- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à la porte d'entrée du distributeur génère environ 200 TEG sol**

Comme mentionné à la section 3.1, les résultats pour l'indicateur *écotoxicité aquatique* et *écotoxicité terrestre* sont corrélés. Les interprétations sont donc similaires.

### Eutrophisation aquatique

En bref, le résultat global pour la production et la distribution de pommes valaisanne est le suivant :

- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à la porte d'entrée du distributeur génère environ  $6 \cdot 10^{-5}$  kg  $\text{PO}_4^{3-}$**

Les phases de l'indicateur *eutrophisation aquatique* sont proches des indicateurs *changements climatiques* et *ressources* en valeur absolue, excepté pour la fumure.

L'impact de la fumure représente plus du 40% de l'impact. Le super phosphate (fumure minérale) représente à lui seul 35% de l'impact total. La production de 1kg de triple superphosphate requiert 0.966 kg d'acide phosphorique à 70%/kg de triple superphosphate  $\text{P}_2\text{O}_5$ . L'impact important s'explique par les 3.5% de pertes de  $\text{PO}_4^{3-}$  /kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  lors de la production de l'acide phosphorique.

### Occupation du sol

En bref, le résultat global pour la production et la distribution de pommes valaisanne est le suivant :

- **1 kg de pommes Gala en Valais, de la production à la porte d'entrée du distributeur nécessite environ 0.3 m<sup>2</sup> de terre arable**

La principale source d'occupation du sol provient de l'utilisation du sol par le verger. La deuxième source (<5%) provient des barquettes en carton fabriqué à partir de ressources bois.

## 3.2. Présentations des résultats des différents scénarios pour les changements climatiques

La Figure 4 compare les scénarios pour les phases A et B.

Pour rappel, la phase A considère les impacts environnementaux jusqu'au départ du Valais, la phase B intègre le transport jusqu'au distributeur.

Le scénario de référence pour chaque phase est tramé en vert. Les valeurs en dessus de chaque histogramme en bleu indiquent les différences d'impact par rapport au scénario de référence de chaque phase.

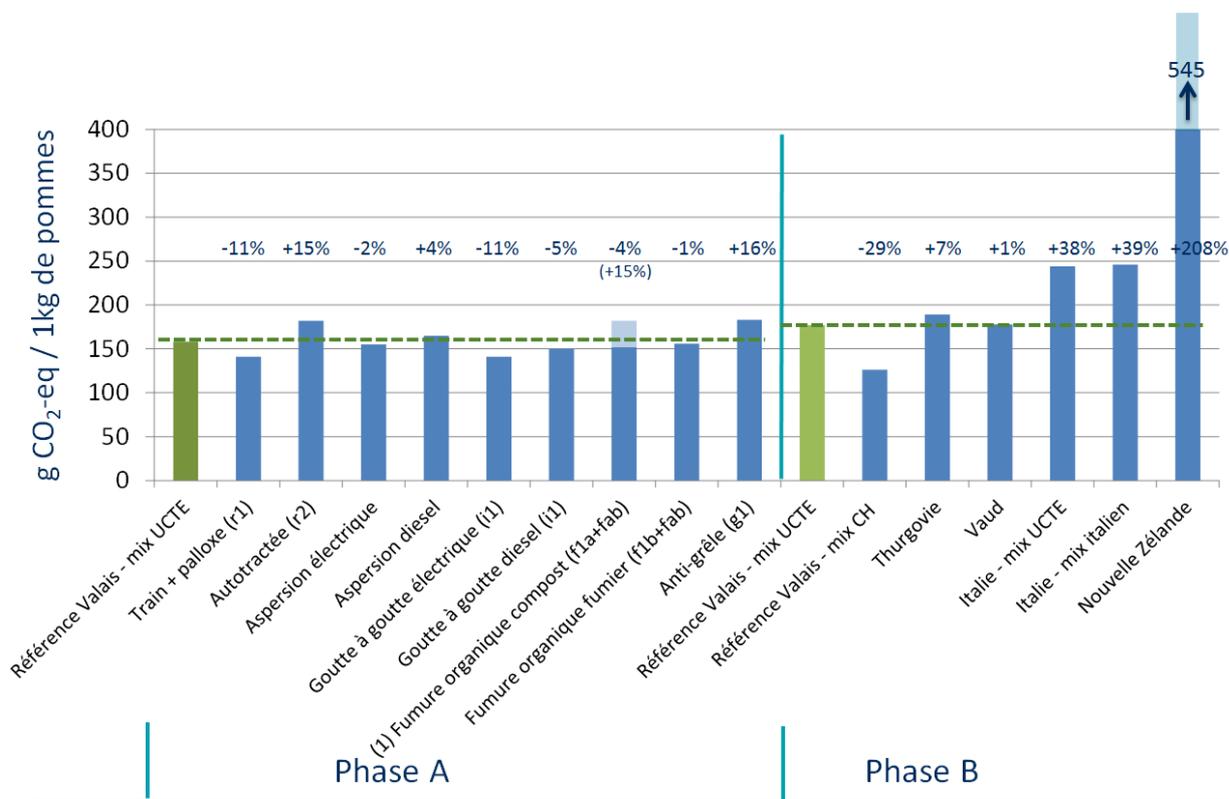


Figure 4 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *changements climatiques*

### Phase A

#### Récolte : Train + palloxe (r1) et Autotractée (r2)

L'alternative en petit train et palloxe obtient les meilleures performances (-11%) en comparaison avec la récolte de référence ; récolte avec plate-forme ou une récolte autotractée (+15%).

#### Irrigation : Aspersion électrique, Aspersion diesel, Goutte à goutte électrique (f1), Goutte à goutte diesel (f1)

L'irrigation par goutte à goutte obtient les meilleurs résultats en comparaison avec l'irrigation standard sur frondaison quel que soit la ressource énergétique utilisée (diesel ; -5% ou électrique ; -11%). Une irrigation par goutte à goutte pour les cultures des pommes du Valais nécessiterait un volume d'eau évalué à 880 m<sup>3</sup>/ha\*an à un débit de 2m<sup>3</sup>/heure et une pression de 1.8 bar, contre 1807m<sup>3</sup>/ha\*an à un débit de 40m<sup>3</sup>/heure et une pression entre 5 et 6 bar.

### *Fumure : Fumure organique compost (f1a+fab), Fumure organique fumier (f1b+fab)*

La fumure est un poste clé des impacts (18% de l'impact total du scénario de référence), une fumure à base de fumier complétée par une fumure organique type Biorga végétal permettrait de diminuer l'impact total d'environ 4%.

Le remplacement d'une fumure minérale par une fumure organique type compost avec un complément type Biorga végétal pourrait également diminuer l'impact (-4%), pour autant que la production du compost soit bien gérée et maîtrisée. En effet, un compostage mal aéré peut entraîner des dégagements de méthane<sup>3</sup> (dégradation de la matière organique en absence d'oxygène) et péjorer ainsi le bilan (+15%).

Il est à noter qu'au vu de la nature dite « screening » de l'étude et de la faible différence d'impact entre les scénarios de fumures. Il n'est pas possible d'affirmer qu'une solution est à privilégier par rapport à l'autre (Cf. voir section 4)

## **Phase B**

### *Mix électrique (Référence Valais – mix CH)*

Le mix d'électricité utilisé est, en général, celui de l'UCTE (0.59 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh), Union (européenne) pour la Coopération de la Transmission de l'Électricité), union à laquelle la Suisse appartient<sup>4</sup>. La raison en est que le réseau européen est connecté et que la traçabilité de l'électricité consommée ne peut pas être précisée. La consommation à un endroit donné influence tout le marché européen de l'électricité. Par exemple, si la consommation d'électricité en Valais croît, la surplus d'électricité ne proviendra pas de l'hydro-électricité valaisanne, déjà utilisée à 100%, mais sera vraisemblablement mise à disposition d'usines thermiques européennes (gaz, charbon, etc.)

Le scénario en considérant le mix Suisse (0.03 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh) est présenté à titre indicatif. En considérant un mix de production Suisse, les émissions de gaz à effet de serre seraient réduites de 29%. L'utilisation du mix Suisse influence l'impact de l'irrigation (pour autant que celle-ci soit électrique) et le stockage (consommation électrique des cellules frigorifiques).

A titre informatif, un mix « vert » pourrait être attribué pour autant que celui-ci soit certifié et qu'il soit issu d'une nouvelle capacité renouvelable (hydraulique, éolienne, photovoltaïque, etc.) ou qu'il permette de financer de futures capacités additionnelles d'énergies renouvelables.

---

<sup>3</sup> Afin d'évaluer les performances environnementales entre un compostage bien géré et mal géré, Quantis a développé un outil permettant une quantification précise des émissions de gaz à effet de serre.

<sup>4</sup> Pour cette étude, les scénarios de référence ont été modélisés avec le mix UCTE

### *Régions Suisse (Thurgovie et Vaud)*

Deux scénarios de zones géographiques en Suisse ont été évalués, Thurgovie et Vaud. La modélisation de ces scénarios s'est basée sur le modèle valaisan en y adaptant certains paramètres différenciateurs connus. Les informations de ces paramètres peuvent être retrouvées à la section 2.3, Table 1.

- Distances de transport
- Variation de rendement
- Type d'irrigation
- Lutte antigêle.
- Produits phytosanitaires (uniquement pour le scénario Thurgovie)
- Durée de stockage (160 jours pour les pommes du Valais et 170 jours pour Thurgovie et Vaud)

Les résultats pour les deux régions Suisse sont très proches des résultats du Valais ; Thurgovie (+7%), Vaud (+1%). La principale différenciation de performances environnementales de ces régions avec les pommes Gala du Valais proviennent de trois facteurs :

- 1) Les rendements
- 2) L'équipement anti grêle obligatoire pour Thurgovie et Vaud mais pas nécessaire pour le Valais
- 3) Une irrigation moins abondante pour la Thurgovie et Vaud

### *Régions hors Suisse (Italie et Nouvelle Zélande)*

Deux scénarios de zones géographiques hors Suisse ont été évalués, Italie (Trentino-Alto Adige ) et Nouvelle Zélande. La modélisation de ces scénarios s'est basée sur le modèle valaisan en y adaptant les paramètres différenciateurs. Les informations de ces paramètres peuvent être retrouvées à la section 2.3, Table 1.

Pour ces deux scénarios, et malgré des rendements significativement supérieurs à la production Suisse, les performances environnementales sont inférieures pour les pommes en provenance d'Italie<sup>5</sup> (+38%) et de Nouvelle Zélande (+208%).

Le bilan des pommes italiennes (~ 250 g CO<sub>2</sub>-eq) est péjoré par le transport (~ 70 g CO<sub>2</sub>-eq, contre ~ 20 g CO<sub>2</sub>-eq pour la pomme valaisanne) qui représente plus de 30% de l'impact.

Le bilan des pommes de Nouvelle Zélande<sup>6</sup> (~ 545 g CO<sub>2</sub>-eq) est péjoré par le transport (~ 430 g CO<sub>2</sub>-eq.) qui représente près de 80% de l'impact.

---

<sup>5</sup> Ceci peu importe le mix électrique choisi (mix UCTE ou Italien)

### 3.3. Présentations des résultats des différents scénarios pour les autres indicateurs

#### Indicateur Ressources

Les résultats sont corrélés avec l'indicateur *changements climatiques*, excepté pour le scénario de fumure organique compost où les émissions directes de méthane et de protoxyde d'azote n'ont pas d'impact sur l'indicateur *ressources*.

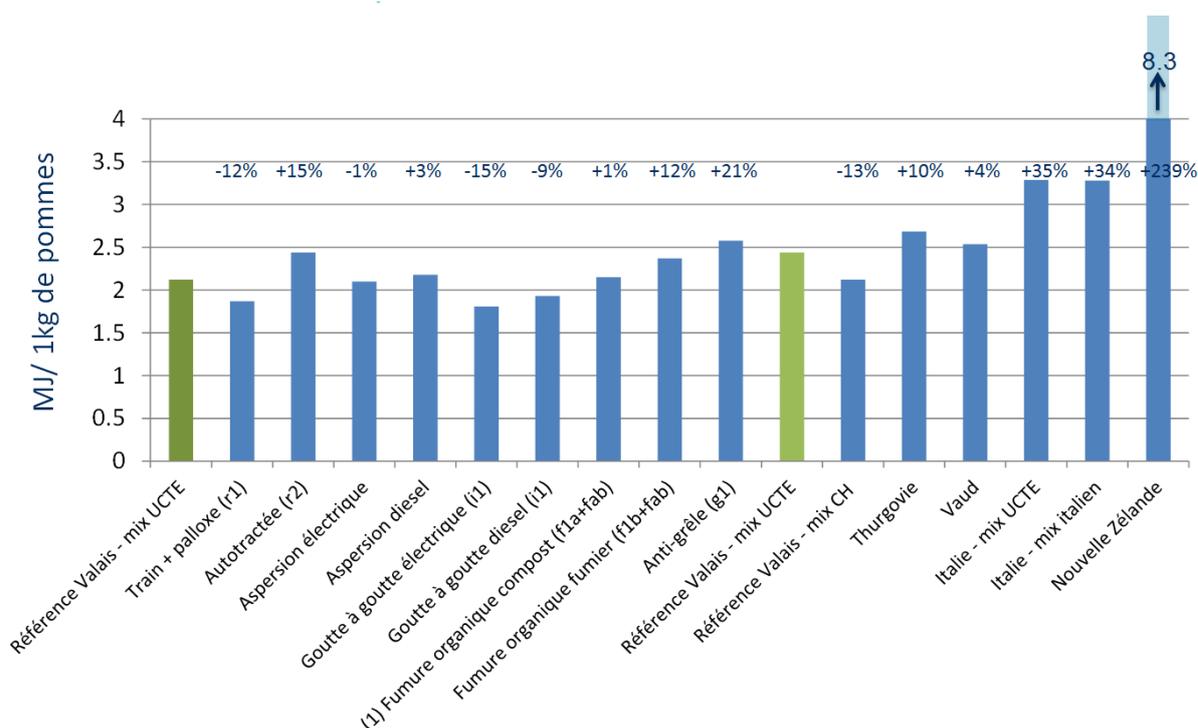


Figure 5 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *Ressources*

#### Indicateur Ecotoxicité aquatique

Pour tous les scénarios, l'impact sur l'*écotoxicité aquatique* est dominé par l'utilisation des phytosanitaires. Pour presque tous les scénarios de la phase B, les types et les flux de phytosanitaires sont similaires, ce qui explique la faible variabilité. Le scénario de la Nouvelle Zélande obtient un meilleur score qui s'explique par un rendement plus important → la quantité de phytosanitaires par unité fonctionnelle est donc moins importante pour le scénario Nouvelle Zélande.

<sup>6</sup> Malgré une teneur en carbone beaucoup plus faible du mix électrique de la Nouvelle Zélande (250 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh) que le mix UCTE.

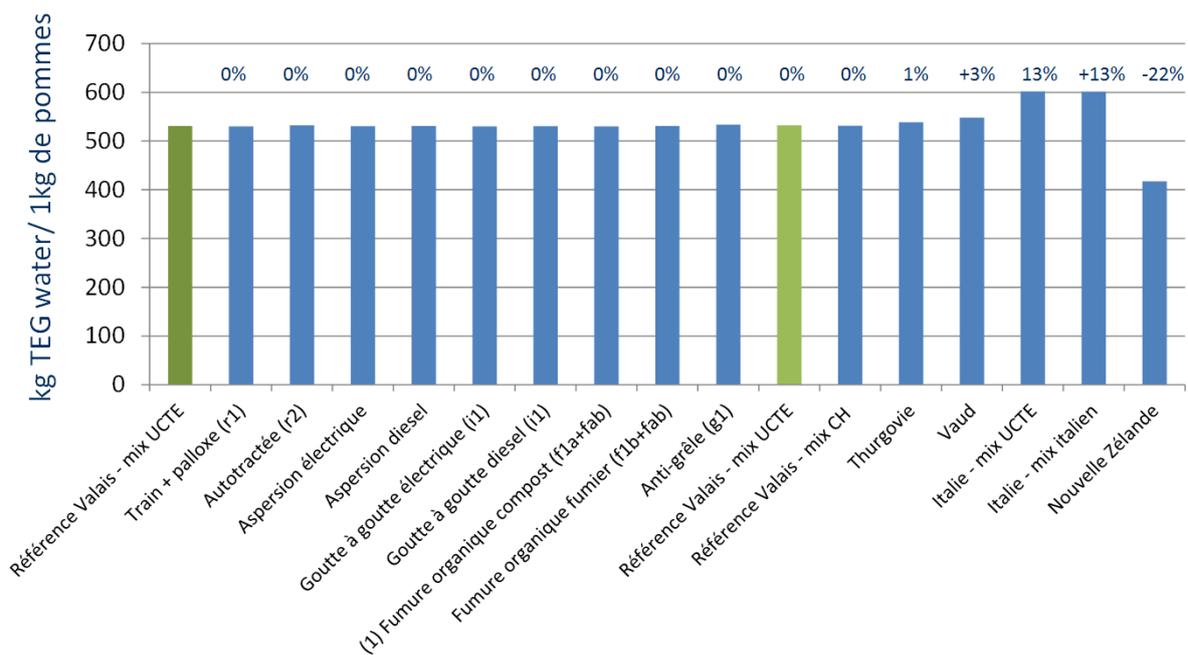


Figure 6 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *écotoxicité aquatique*

**Indicateur Ecotoxicité terrestre**

Pour tous les scénarios, l'impact sur *l'écotoxicité terrestre* est dominé par l'utilisation des phytosanitaires. Pour presque tous les scénarios de la phase B, les types et les flux de phytosanitaires sont similaires, ce qui explique la faible variabilité. Le scénario de la Nouvelle Zélande obtient un meilleur score qui s'explique par un rendement plus important → la quantité de phytosanitaires par unité fonctionnelle est donc moins importante pour le scénario Nouvelle Zélande.

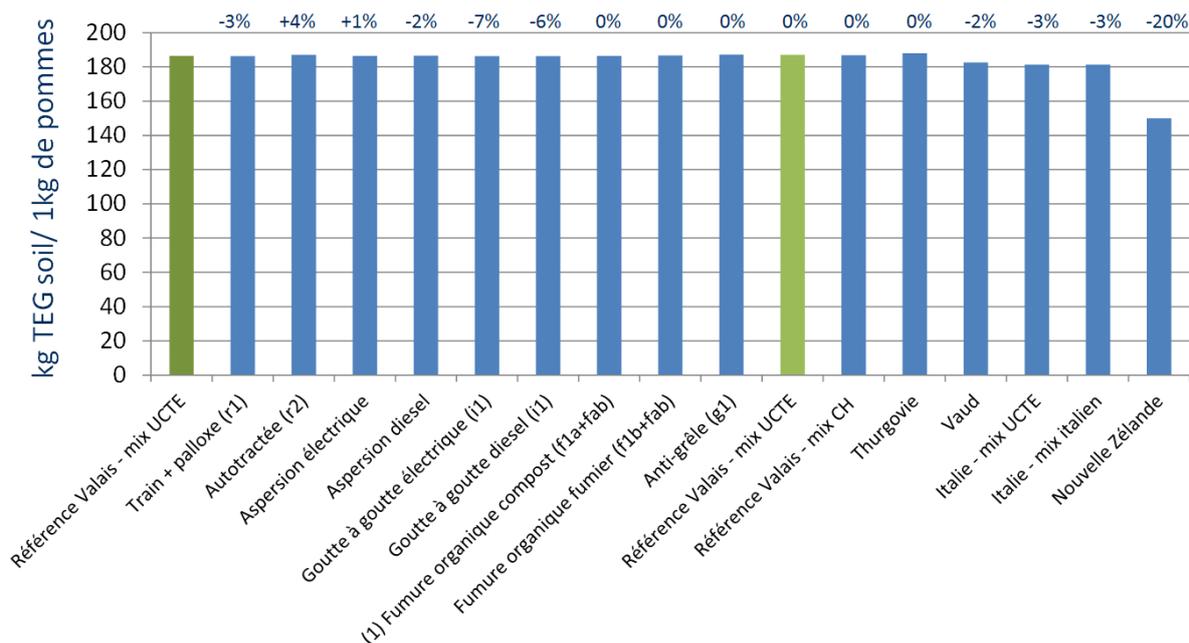


Figure 7 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *écotoxicité terrestre*

### Indicateur Eutrophisation aquatique

La production et l'utilisation des fertilisants influence grandement l'indicateur *d'eutrophisation aquatique*. Les fumures organiques de type compost et fumier permettent de diminuer sensiblement l'impact sur l'*eutrophisation aquatique* par rapport à une fumure minérale.

Tous les scénarios ont été modélisés avec les mêmes bilans de fumures. Hors selon le type de sol et la zone géographique (comme par exemple en Nouvelle Zélande), les bilans de fumures en nutriments N,P,K peuvent varier du simple au double.

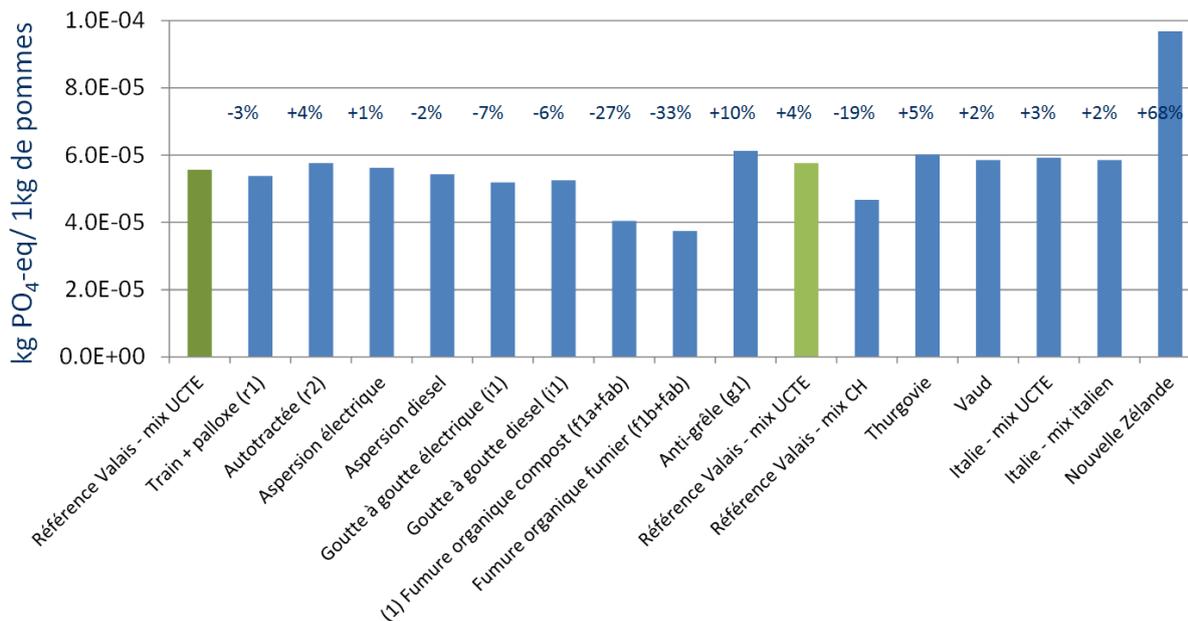


Figure 8 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *eutrophisation aquatique*

**Indicateur Occupation du sol**

L'indicateur *occupation du sol* est corrélée directement au rendement. Ainsi, plus le rendement est élevé moins l'occupation du sol sera importante par kg de pommes produits.

Les rendements pour l'Italie et pour la Nouvelle Zélande doivent être considérés avec précaution puisqu'il s'agit d'une moyenne de production de différentes variétés de pommes

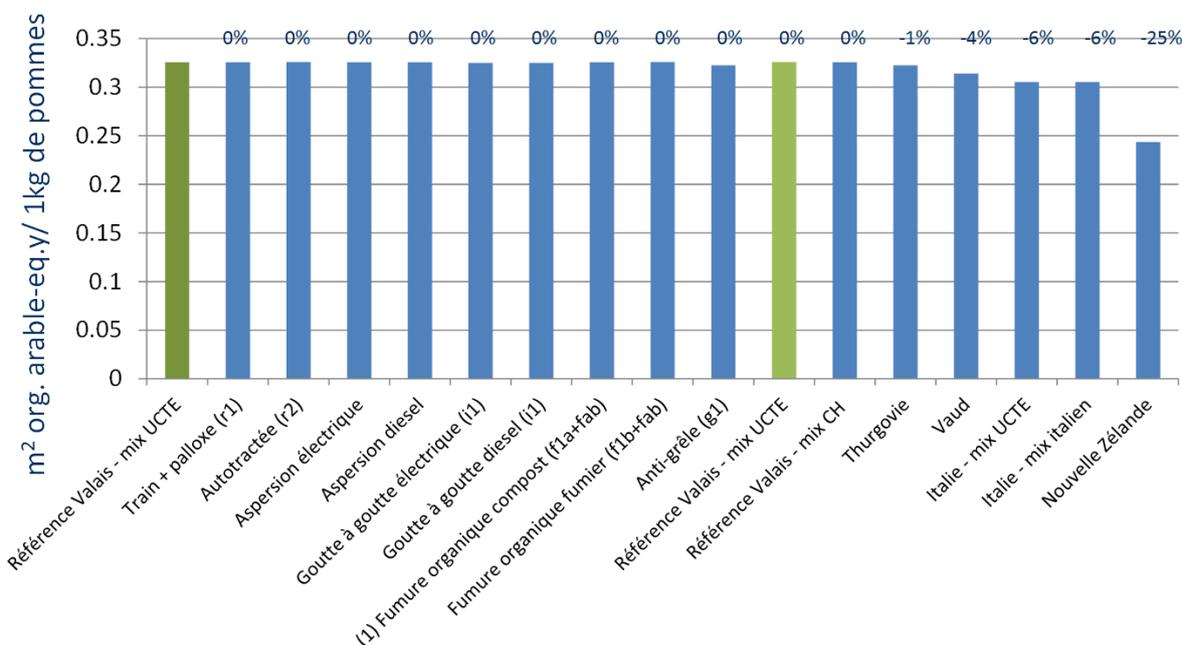


Figure 9 Comparaison des scénarios pour l'indicateur *occupation du sol*

#### 4. LIMITES DE L'ÉTUDE

La modélisation du scénario de référence valaisan et ceux évalués dans la phase A, s'est basé sur des données primaires (données fournies très complètes et détaillées par l'Etat du Valais à Quantis) et ont permis une modélisation précises des impacts potentiels sur l'environnement. Les données adaptées pour les autres zones géographiques Suisses sont moins précises que pour la phase A. La meilleure performance environnementale des pommes Gala du Valais en comparaison avec les pommes Gala Suisse (Vaud ou Thurgovie) ne peut pas être affirmée à ce niveau d'étude, car la différence entre les zones géographiques pour certains indicateurs est inférieure à 10%.

En revanche, pour les zones hors Suisse (Italie et Nouvelle Zélande), et compte tenu de la forte contribution du transport sur le cycle de vie complet des pommes, les incertitudes sur les différences de performances sont beaucoup plus faibles pour les indicateurs *changements climatiques* et *ressources*.

## 5. RECOMMANDATIONS

### Recommandation pour l'amélioration des pommes Gala du Valais portant sur la phase A

- Privilégier une irrigation au goutte à goutte, ce qui permet d'économiser de l'énergie (électricité/diesel) et de l'eau par rapport aux autres systèmes d'irrigation
- Privilégier un pompage de l'eau par une technologie électrique plutôt que thermique (diesel)
- Privilégier une récolte par petit train par rapport aux autres modes de récolte
- Privilégier l'emballage en plateau IFCO qu'en barquette en carton et film plastique, dont l'impact par pommes distribuées est près de cinq fois supérieur
- En optimisant le système de récolte (petit train) et en optant pour une irrigation goutte à goutte, on peut espérer une réduction d'impact de 15% à 20%

### Recommandation pour l'amélioration de la modélisation des scénarios phase B

Dans l'objectif d'une conformité des normes ISO 14'040/44 pour la comparaison des zones géographiques et en vue d'une communication externe des résultats, il est nécessaire d'avoir des compléments d'informations sur les paramètres suivants :

Table 2 Informations complémentaires requises pour soumettre l'étude à revue critique

Paramètres	Indicateurs environnementaux					
	CC	R	EA	ET	EuA	Ods
Quantité de fertilisants	+++	+			+++	
Type et quantité de produits phytosanitaires			+++	+++	++	
Rendements	+++	+++	+	+	+++	+++
Bilan de fumures	+++	+			+++	

Table 3 Légende de la Table 2

Rappel des acronymes des indicateurs	Légende de pondération
Changements Climatiques, <i>CC</i>	+++ Influence fortement les résultats
Ressources, <i>R</i>	++ Influence les résultats
Ecotoxicité Aquatique, <i>EA</i>	+ Influence faiblement les résultats
Ecotoxicité Terrestre, <i>ET</i>	
Eutrophisation Aquatique, <i>EuA</i>	
Occupation du Sol, <i>Ods</i>	

## 6. CONCLUSIONS

### Conclusions scénario de base

- 1 kg de pommes Gala en Valais, à la sortie du centre de distribution génère environ 160 g CO<sub>2</sub>-eq
- 1 kg de pommes Gala en Valais génère environ 180 g CO<sub>2</sub>-eq de sa production à la porte du détaillant (environ 25 g CO<sub>2</sub>-eq pour une pomme)
- L'optimisation de la récolte, du bilan de fumure ainsi qu'une irrigation maîtrisée permet de «travailler» sur environ 40% de l'impact
- Le transport (notamment la phase de distribution = 136 km) à une échelle locale, représente un impact d'environ 10%

Le besoin en énergie (pour toutes les étapes nécessitant de l'électricité, du diesel et essence) représente environ 40% de l'impact total

### Conclusions comparatives des zones géographiques

- Les scénarios de la Suisse (Thurgovie et Vaud) sont proches du scénario du Valais malgré des modes de productions, des distances de transports, des durées de stockage différentes et des rendements un peu plus importants
- Le bilan des pommes italiennes (~ 250 g CO<sub>2</sub>-eq) est péjoré par le transport (~ 70 g CO<sub>2</sub>-eq, contre ~ 20 g CO<sub>2</sub>-eq pour la pomme valaisanne) qui représente plus de 30% de l'impact
- Le bilan des pommes de Nouvelle Zélande (~ 545 g CO<sub>2</sub>-eq) est péjoré par le transport (~ 430 g CO<sub>2</sub>-eq.) qui représente près de 80% de l'impact
- Le mix électrique consommé pour la modélisation des pommes valaisannes influence significativement les résultats (-30% en moins lorsque l'on considère le mix de production du pays par rapport au mix européen)
- Il est possible d'affirmer qu'une pomme de Nouvelle Zélande émet plus du double de gaz à effet de serre qu'une pomme produite en Suisse (en considérant un type de culture proche)
- Par contre l'indicateur *occupation du sol* (biodiversité) est dominé par la culture et l'influence du rendement et est en faveur des pommes de Nouvelle Zélande

→ Prudence dans la communication à l'externe

## Annexe 1: Description de la méthodologie ACV

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode scientifique permettant l'évaluation des impacts environnementaux potentiels de produits, de procédés, de services ou d'entreprises sur l'ensemble de leur cycle de vie (extraction des matières premières, production, transports, utilisation, fin de vie). Cette approche bénéficie du soutien du Programme des Nations Unies pour la Protection de l'Environnement (PNUE) et repose sur une méthodologie encadrée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), en particulier les normes ISO 14040 (2006) (conditions et guidances) et ISO 14044 (2006) (principes et structure).

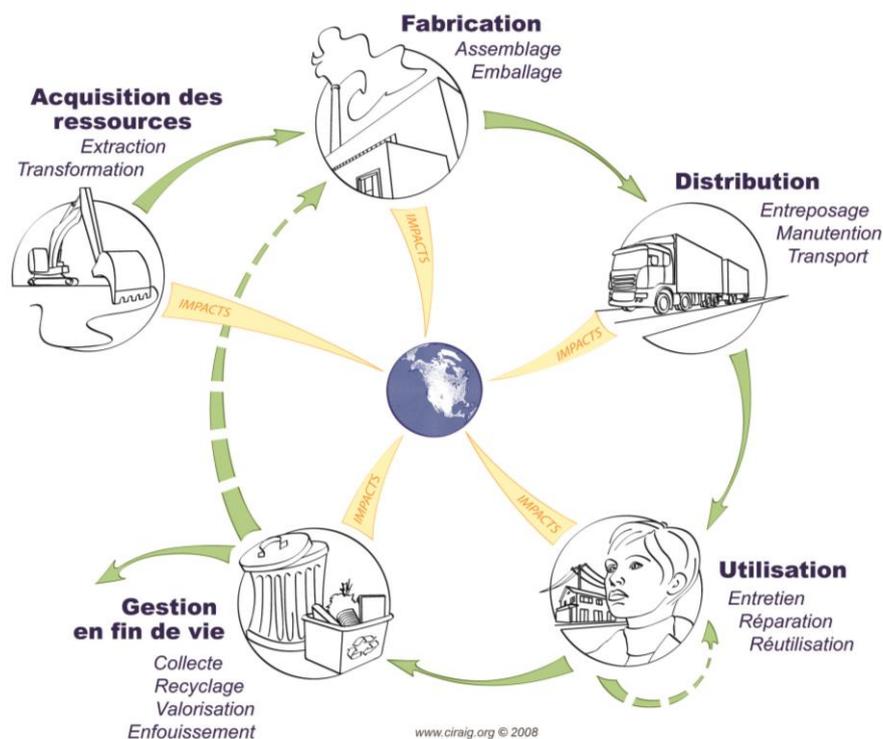


Figure 1 : Étapes du cycle de vie d'un produit.

L'ACV aide à identifier les opportunités pour améliorer les performances environnementales des produits, services ou entreprises à différentes étapes de leur cycle de vie, informer les décideurs industriels, les organisations gouvernementales ou non gouvernementales (par exemple pour la planification stratégique, pour déterminer des priorités ou pour optimiser le design des produits), permettre la sélection des indicateurs de performance environnementale pertinents, l'incorporation de techniques de mesure, et le marketing (par exemple pour la mise en place de schéma d'écolabel, faire ou produire une déclaration environnementale). La méthodologie de l'ACV est donc particulièrement adéquate pour étudier les produits et les services de façon holistique. Elle permet

d'identifier les priorités d'action et d'éviter un déplacement des impacts lors de l'introduction d'un nouveau produit ou d'une nouvelle technologie.

L'ACV se déroule en quatre phases :

- 1) la définition des objectifs et du champ de l'étude ;
- 2) l'analyse de l'inventaire ;
- 3) l'évaluation des impacts ;
- 4) l'interprétation.

Les principaux aspects méthodologiques de chacune de ces phases sont décrits ci-dessous.

### **Définition des objectifs et du champ de l'étude**

La première phase de l'ACV, appelée définition des objectifs et du champ de l'étude, présente la raison de l'étude et la façon dont celle-ci sera conduite afin d'atteindre cette fin. Le système de produits, défini par l'ISO comme un ensemble de processus élémentaires liés par des flux de matière et d'énergie qui remplissent une ou plusieurs fonctions, y est décrit et détaillé.

Dans ce sens, l'objet d'une ACV est caractérisé par ses fonctions et non seulement en termes de ses produits finaux. Ceci permet la comparaison de produits qui n'ont pas la même performance fonctionnelle par unité de produit (p. ex. une tasse de polystyrène à usage unique et une tasse en céramique qui est réutilisée plusieurs fois), puisque la quantification de la performance fonctionnelle, au moyen de l'unité fonctionnelle, fournit une référence à partir de laquelle sont mathématiquement normalisés les entrants et les sortants des systèmes comparés (p. ex. boire deux tasses de café par jour durant un an). La spécification de l'unité fonctionnelle est le point de départ de la définition des frontières du système puisqu'elle indique quels sont les processus élémentaires qui doivent être inclus pour remplir cette fonction.

La nature des données utilisées et les principales hypothèses sont également décrites dans cette première phase de l'ACV.

### **Analyse de l'inventaire**

La seconde phase de l'ACV, appelée l'analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV), est la quantification des flux élémentaires impliqués durant le cycle de vie complet des produits, services, procédés ou entreprises évalués, c'est-à-dire de l'ensemble des extractions de ressources de la biosphère et des émissions dans l'air, l'eau et le sol.

Pour ce faire, une collecte de données primaires (spécifiques au cas à l'étude) et secondaires (issues de publications ou de banques de données reconnues) est nécessaire. Les données sont rapportées à l'unité fonctionnelle, puis compilées au sein d'un logiciel spécialisé. Le logiciel employé dans le cadre de cette étude est Quantis SUITE 2.0.

## Évaluation des impacts

La troisième phase de l'ACV consiste en l'évaluation des impacts du cycle de vie (EICV). Elle a pour but de traduire les flux élémentaires quantifiés dans l'inventaire du cycle de vie dans différentes catégories d'impact sur l'environnement et la santé humaine, selon des modèles de devenir, d'exposition et de toxicité des polluants, ou de raréfaction des ressources. C'est ainsi qu'à chaque substance de l'inventaire est associé un facteur de caractérisation spécifique, permettant de calculer son score d'impact. La somme des scores d'impact des différentes substances détermine l'impact total du système (produit, procédé ou service) pour un indicateur donné. Dans un second temps, ces catégories d'impact sont regroupées au sein d'un nombre réduit d'indicateurs de dommages environnementaux, ce qui facilite la communication des résultats et la prise de décision.

Dans le cadre de cette étude, la méthode EICV employée est la méthode européenne internationalement reconnue et revue par les pairs IMPACT 2002+ vQ2.2 (Jolliet et al. 2003; Humbert et al. 2012). Celle-ci propose une approche orientée à la fois vers les impacts intermédiaires et les dommages permettant d'associer tous les résultats de l'ICV à seize catégories intermédiaires et à quatre indicateurs de dommage. La Figure 2 montre la structure globale d'IMPACT 2002+, faisant le lien entre l'ICV et les différents indicateurs. Une flèche pleine symbolise une relation connue et modélisée quantitativement basée sur les sciences naturelles. Les relations entre les catégories intermédiaires et de dommages qui sont suspectées, mais pas modélisées de manière quantitative sont indiquées par des flèches en traitsillés.

## Interprétation

L'interprétation, quatrième phase de l'ACV, a pour objectif d'analyser les résultats, d'établir des conclusions, d'expliquer les limites et de fournir des recommandations en se basant sur les résultats des phases précédentes de l'étude. L'interprétation doit respecter les exigences décrites dans la définition des objectifs et du champ de l'étude et tenir compte des contraintes relatives aux hypothèses posées, ainsi qu'à l'incertitude des données employées et du modèle d'évaluation des impacts.

## Références

Fruit-Union Suisse (FUS), 2011

ADEME, 2000, Analyse du cycle de vie des caisses en bois, carton nodule et plastique pour pommes

L. Milà i Canals, G.M. Burnip, S.J. Cowell, 2005, Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand

ETH, Franziska Stoessel, Ronnie Juraske, Stephan Pfister, Stefanie Hellweg, Life Cycle Inventory and Carbon and Water FoodPrint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer

New Zealand energy quarterly, 2012

Agroscope, 2011, La production de fruits à pépins en Suisse sous la loupe

World apple review, 2004

Nutrient Requirements of 'Gala'/M.26 Apple Trees for High Yield and Quality, 2009

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), 1997-2011

Humbert S, De Schryver A, Margni M and Jolliet O (2012). "IMPACT 2002+ User Guide: Draft for version Q2.2 (version adapted by Quantis)". Quantis, Lausanne, Switzerland. Available at: <http://www.quantis-intl.com/impact2002>

IPCC (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change's Fourth Assessment Report. <http://www.ipcc.ch/>.

ISO 14040 (2006). Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.

ISO 14044 (2006). Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.

Jolliet O, Margni M, Charles R, Humbert S, Payet J, Rebitzer G and Rosenbaum R (2003). "IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology". International Journal of Life Cycle Assessment 8, 6: 324-330.

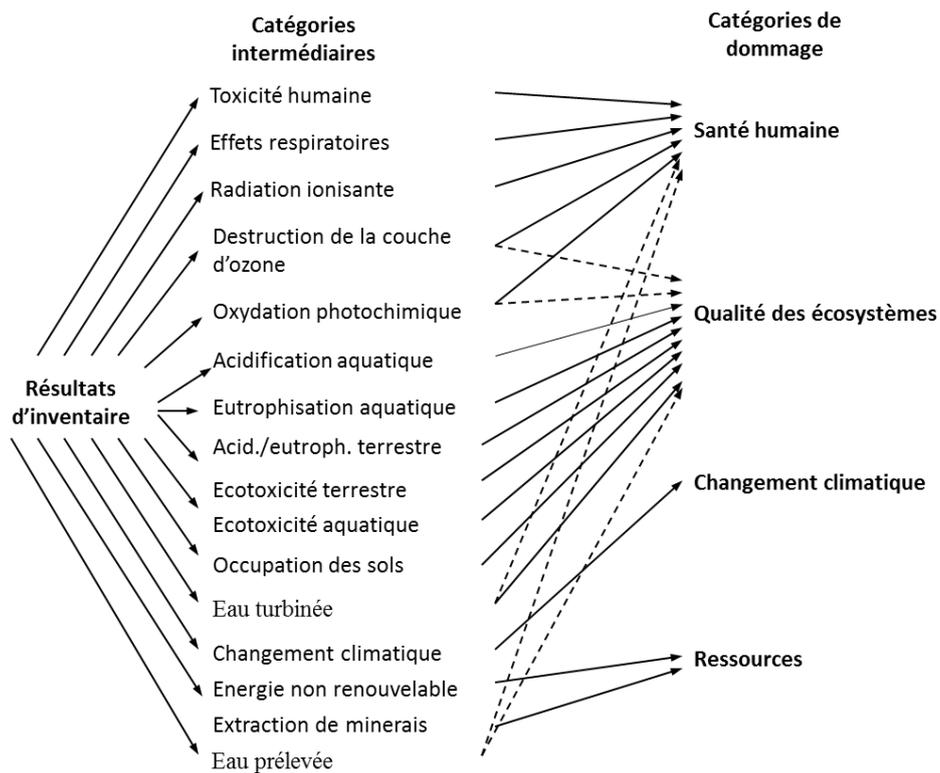


Figure 2 : Schéma global de la méthode IMPACT 2002+ vQ2.2 (Jolliet et al. 2003 ; Humbert et al. 2012).