

Bilan écologique du traitement phytosanitaire

Rapport final

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

Par: **Quantis**

Denis Bochatay, Chef de projet

Anna Kounina, Analyste

12 mars 2015



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.

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 de l'Innovation de l'EPFL, Bâtiment D

1015 Lausanne

Suisse

Tel: +41 21 693 91 92

info@quantis-intl.com

www.quantis-intl.com

INFORMATIONS DU PROJET	
Titre du projet	Bilan écologique de différentes méthodes de traitement phytosanitaire
Mandataire	Service de l'agriculture de l'Etat du Valais
Responsabilité	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.
Version	Rapport final
Équipe de projet	Denis Bochatay, Chef de projet (denis.bochatay@quantis-intl.com) Anna Kounina, Phd, Analyste (anna.kounina@quantis-intl.com)
Contacts client	Mauro Genini, Responsable phytosanitaire (mauro.genini@admin.vs.ch)
Fichiers associés	Ce rapport est associé aux fichiers électroniques suivants : <ul style="list-style-type: none">• EtatValais_ACVtraitementsPhyto_presentation_finale_2015-03-12• Projet « Traitement phytosanitaire » dans le compte de l'Etat du Valais, dans le logiciel Quantis SUITE 2.0

Liste des abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
ISO	International Organization for Standardization
UF	Unité Fonctionnelle

Contenu

Liste des abréviations	iv
1. INTRODUCTION	1
2. MODÈLE D'ÉTUDE	2
2.1. Périmètre et limites du système	2
Unité fonctionnelle et flux de référence	2
Limites du système	2
Limites géographiques et temporelles	3
Principales hypothèses de modélisation	3
2.2. Collecte de données	4
2.3. Méthode d'évaluation des impacts	4
Catégories intermédiaires	4
Catégories de dommage	5
3. PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION	6
3.1. Présentations des résultats du scénario de référence valaisan	6
Résultats globaux	6
Ecotoxicité aquatique et terrestre	7
Changement climatique, santé humaine et ressources	7
3.2. Analyse des substances contribuant à la toxicité	9
3.3. Analyse de la toxicité des substances émises	10
3.4. Présentation de l'évaluation multi-critère	11
Changements climatiques	11
4. CONCLUSIONS	12
5. LIMITES DE L'ÉTUDE	13
6. ANNEXE 1: DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE ACV	14
Définition des objectifs et du champ de l'étude	15
Analyse de l'inventaire	15
Évaluation des impacts	16
Interprétation	17
7. ANNEXE 2: ETUDE DE SENSIBILITÉ POUR L'ÉCOTOXICITÉ AQUATIQUE ET TERRESTRE	18
8. RÉFÉRENCES	19

1. INTRODUCTION

Le présent rapport conclut l'étude « Bilan écologique de différentes méthodes de traitement phytosanitaire », 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 d'évaluer les performances environnementales ainsi que sociales des méthodes suivantes de traitement phytosanitaire des parcelles agricoles:

- Hélicoptère
- Atomiseur à dos
- Solo ou turbo sur chenillette
- Turbo sur chenillard
- Gun sur camionnette

Les résultats permettent de comprendre les avantages et inconvénients de chaque méthode de traitement afin d'émettre des recommandations pour les viticulteurs.

2. MODÈLE D'ÉTUDE

2.1. Périmètre et limites du système

Unité fonctionnelle et flux de référence

Les scénarios étudiés sont évalués sur la base de **l'unité fonctionnelle** considérée: « *Une parcelle de 1 hectare traitée par un traitement fongicide, sur un cycle annuel* ».

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 intégrées 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 du système sont présentées dans la Figure 1. Le système comprend l'infrastructure du matériel d'application et la fabrication de fongicides pour l'étape *fournisseurs*, l'aspersion pour l'étape d'*application* ainsi que la fin de vie de l'infrastructure et émissions dans l'air et le sol pour l'étape *fin de vie*.

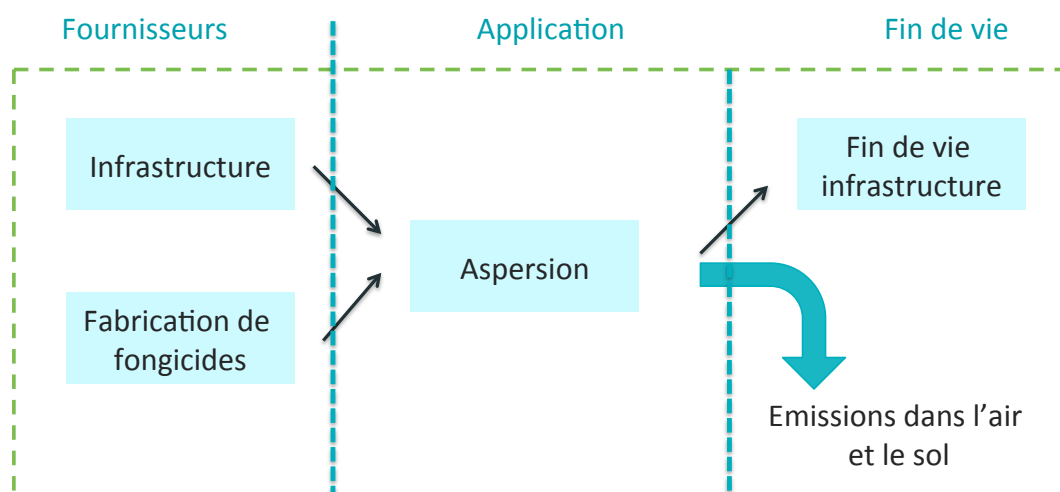


Figure 1 : Frontières du système étudié comprenant les fournisseurs, l'application et la fin de vie

Limites géographiques et temporelles

Les données communiquées par le Service de l'agriculture concernent l'application annuelle de fongicides, couvrant tous les stades de maturation de la vigne (stade 4 feuilles étalées et fermeture des grappes).

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 de l'infrastructure et des fongicides, 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 de modélisation

Ci-dessous sont listées les principales hypothèses de modélisation. Pour une visualisation détaillée des données, il est possible de les consulter dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

- **Production des produits phytosanitaires** : Les substances qui ne sont pas couvertes dans la base de données ecoinvent sont modélisées avec le processus générique « Fongicides, at regional storehouse », estimé d'après la **moyenne arithmétique des intrants et sortants** pour la production des fongicides suivants: captan, carbendazim, chlorothalonil, cymoxanil, difenoconazol, dithianon, fenpropidin, fenpropimorph, flusilazol, folpet, fosetyl-Al, mancozeb, prochloraz, metconazole, penconazol, propi- conazole, et tebuconazole.
- **Emission de produits phytosanitaires dans l'air et le sol** :
 - Pour les émissions par **hélicoptère, atomiseur à dos, solo ou turbo sur chenillette** et le **turbo sur chenillard**, les données sont issues de l'article Siegfried et al. (1999).
 - Pour les émissions par **hélicoptère**, les données ont été adaptées pour considérer la taille des gouttelettes, qui est plus importante actuellement qu'à la date de la publication de l'article (1999). Il a donc été pris en compte 2 fois moins d'émissions dans l'air, la moitié de ces émissions étant répartie entre le sol et les feuilles de vigne et piquets (respectivement 72% et 26%).
 - Pour les émissions par gun sur camionnette, les données sont issues de l'Agroscope (1981) et adaptée à la culture valaisanne.
 - Il est considéré que 2 applications annuelles ont lieu au stade 4 feuilles étalées et 5 à la fermeture des grappes.
 - Une moyenne d'application en plaine et coteau est appliquée pour l'hélicoptère, les données des 2 milieux étant disponibles dans l'article Siegfried et al. (1999).
 - La quantité de substance utilisée et la répartition des émissions sur la vigne, le sol ou l'air pour chaque méthode sont disponibles dans le tableau suivant :

Méthode d'aspersion par hectare	Sol (%)	Air (%)	Feuilles, piquets et cep (%)	Substance émise par an (kg)
Hélicoptère	64	12	24	11.4
Atomiseur à dos	28	11	61	12.9
Chenillette	32	18	50	12.9
Turbo sur chenillard	32	18	50	12.9
Gun sur camion.	66	9	25	15.5

Tableau 1: Pourcentage de répartition des émissions de produits phytosanitaires dans le sol et l'air et quantité totale de substance émise

2.2. Collecte de données

Le Service de l'agriculture a transmis à Quantis un fichier de collecte de données très détaillé sous format Excel sur **l'énergie, l'utilisation d'eau et la quantité de produits phytosanitaires appliqués**. Toutes les données nécessaires à la modélisation des phases A et B ont été intégrées dans le logiciel Quantis SUITE 2.0.

2.3. Méthode d'évaluation des impacts

Une description détaillée de la méthodologie ACV est présentée dans 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, 5 indicateurs ont été retenus pour l'étude : 2 catégories intermédiaires et 3 catégories de dommage, soit :

Catégories intermédiaires

1. **Écotoxicité terrestre (kg triethylene glycol (TEG) émit dans le sol-eq)**: 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.
2. **Écotoxicité aquatique (kg triethylene glycol (TEG) émit dans l'eau-eq)**: 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.

Catégories de dommage

3. **Changements climatiques (kg CO₂-eq):** 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 (CO₂) équivalents. Parce que l'absorption et l'émission de CO₂ à partir de sources biologiques peut souvent conduire à des interprétations erronées des résultats, il n'est pas rare d'exclure ce CO₂ 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 CO₂ biogénique ne sont pas comptabilisées. Afin de tenir compte de l'effet de sa dégradation en CO₂, le GWP du méthane (CH₄) d'origine fossile est fixé à 27.75 kg CO₂-eq/kgCH₄, et celui du méthane d'origines biogénique ou non spécifiée est fixé à 25 kg CO₂-eq/kgCH₄.
4. **Ressources (MJ):** 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 dommage « *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).
5. **Santé humaine (DALY):** Cette catégorie prend en compte les substances qui affectent les êtres humains de par leurs effets toxiques (cancérogènes et non cancérogènes) ou respiratoires, ou qui induisent une augmentation des radiations UV par la destruction de la couche d'ozone. L'évaluation de l'impact global sur la santé humaine est réalisée suivant l'indicateur de dommages « *Human health* » de la méthode IMPACT 2002+, dans lequel la mortalité et la morbidité induites sont combinées dans un score exprimé en DALY (*Disability-Adjusted Life Years*).

3. PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Présentations des résultats du scénario de référence valaisan

Résultats globaux

La Figure 2 présente les impacts potentiels générés par l’application de produits phytosanitaires pour les cinq indicateurs retenus pour 1. l’utilisation de techniques au sol complémentaires (valable pour l’hélicoptère), 2. les émissions dans le sol, 3. les émissions dans l’air, 4. la production de phytosanitaires, 5. l’utilisation d’eau, 6. l’utilisation du véhicule d’accompagnement et 7. de l’appareil d’application.

Les résultats présentent deux tendances fortes. D’une part, les catégories d’impact écotoxicité aquatique et écotoxicité terrestres sont dominées par les **émissions de fongicides dans le sol** (en vert foncé). D’autre part, les catégories d’impact changement climatique, santé humaine et épuisement des ressources sont dominées par l’**utilisation de l’appareil d’application** (gris foncé) et du **véhicule d’accompagnement** (gris clair) ainsi que la **production de phytosanitaires** (violet).

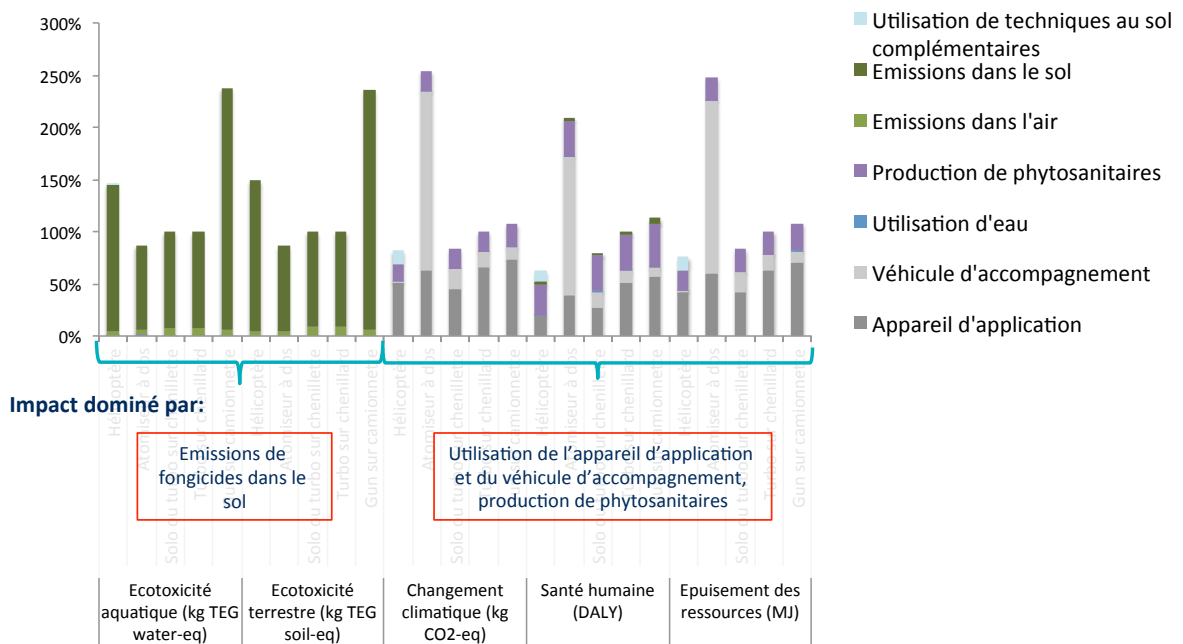


Figure 2 : Profil environnemental de l’application de produits phytosanitaires pour les cinq indicateurs évalués. Les sous-sections suivantes comparent la performance environnementale de chaque méthode d’application pour les différents indicateurs.

Ecotoxicité aquatique et terrestre

La Figure 3 présente les résultats pour les indicateurs écotoxicité aquatique et terrestre avec un extrait du Tableau 1. **Le gun sur camionnette et l'hélicoptère** ont l'impact toxique le plus important dû à :

- Une **sédimentation au sol** plus importante que les autres techniques.
- Une **quantité de substance émise plus importante** que les autres techniques pour le gun sur camionnette.

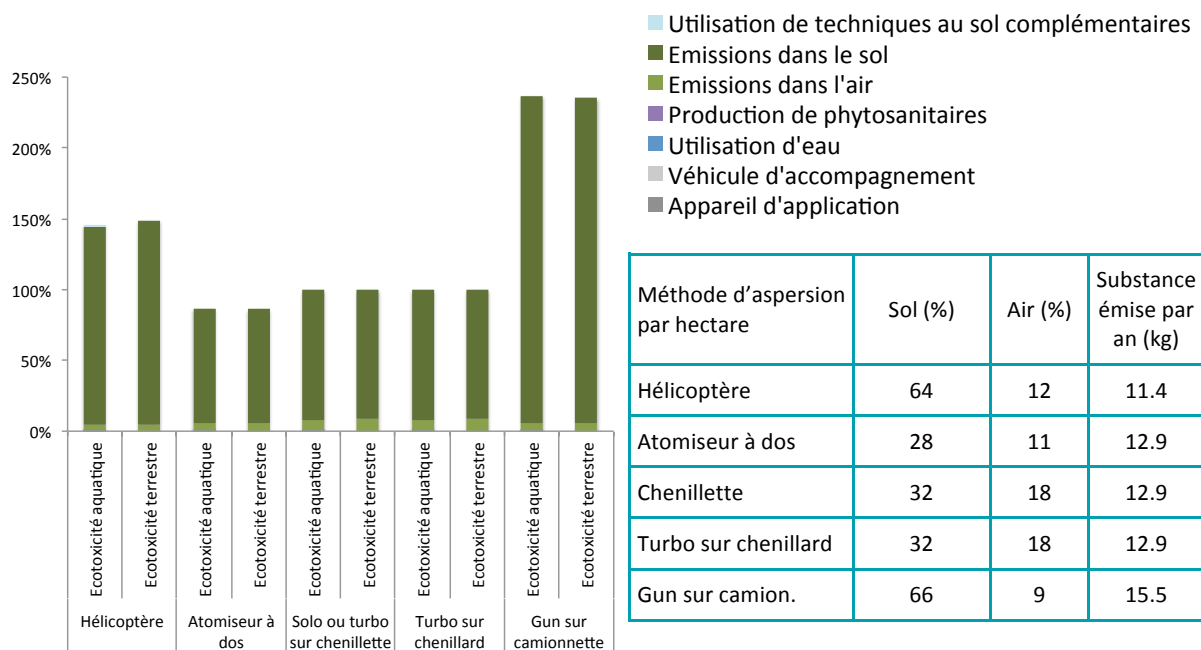


Figure 3 : Détail des contributions de l'impact sur l'écotoxicité aquatique et terrestre de l'application de produits phytosanitaires et rappel du tableau 1

La Figure 10 en Annexe 2 présente les résultats de l'impact sur l'écotoxicité aquatique et terrestre pour une analyse de sensibilité avec 100% d'émissions dans le sol, ce qui suit les principes de modélisation dans la base de données ecoinvent v2.2.

Changement climatique, santé humaine et ressources

La Figure 4 présente les résultats pour les indicateurs changement climatique, santé humaine et ressources.

Pour les changements climatiques, la santé humaine et l'épuisement des ressources, la tendance est la même: l'impact de **l'atomiseur à dos** domine fortement, dû au **déplacement en véhicule d'accompagnement** (consommation de 20 L diesel / tour de traitement).

La **consommation énergétique de l'appareil d'application** et la **production de phytosanitaires** ont une importante contribution pour les autres méthodes d'application.

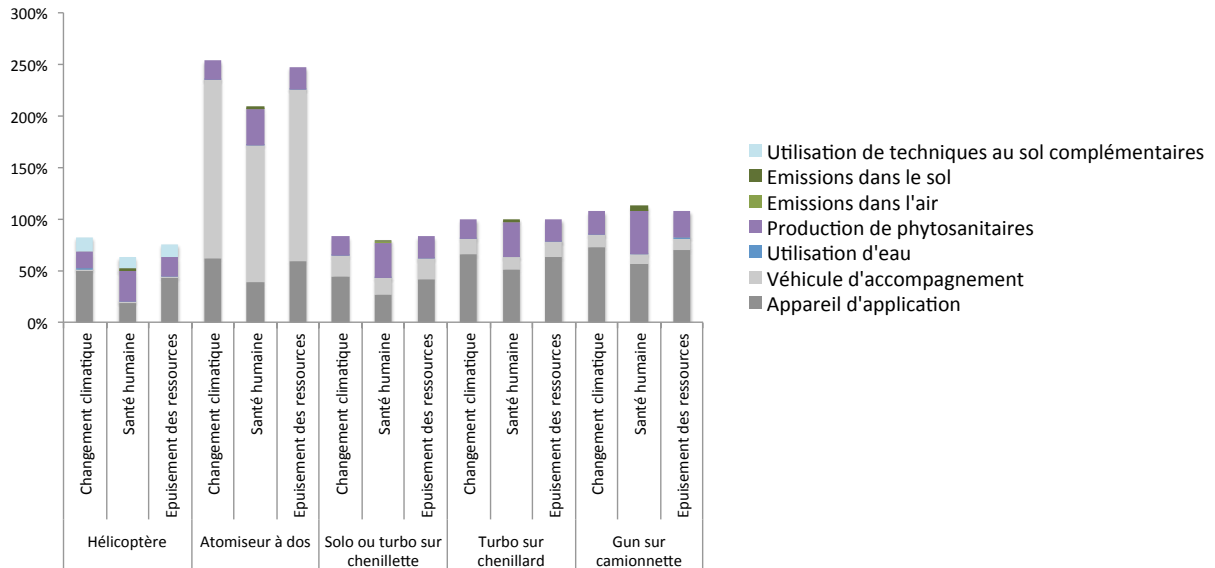


Figure 4: Détail des contributions de l'impact sur les *changements climatiques*, la *santé humaine* et l'*épuisement des ressources* de l'application de produits phytosanitaires

Pour des raisons pratiques, la Figure 5 donne le résultat pour le seul indicateur changement climatique.

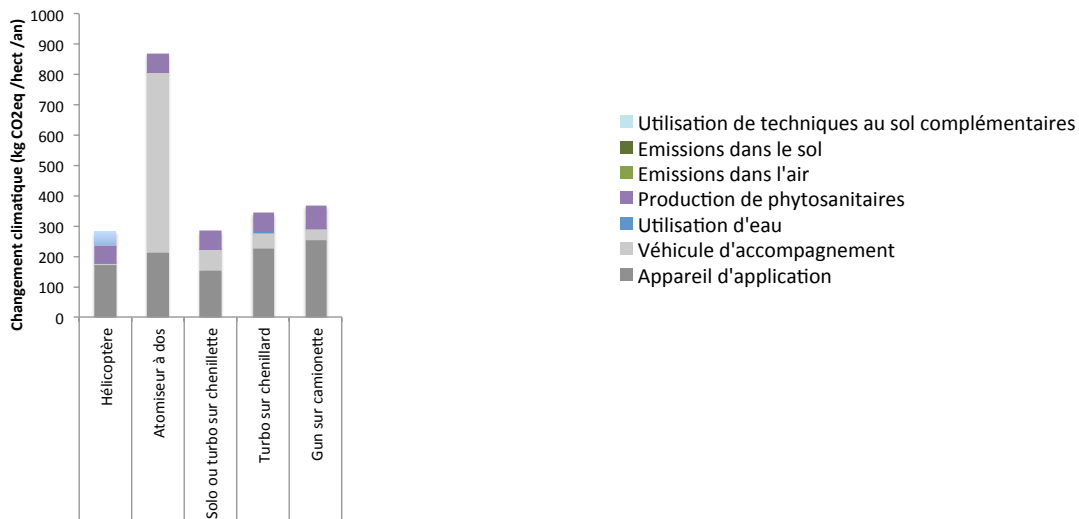


Figure 5: Détail des contributions de l'impact sur les *changements climatiques* de l'application de produits phytosanitaires

3.2. Analyse des substances contribuant à la toxicité

Afin d’approfondir la compréhension de l’origine de l’impact sur l’écotoxicité aquatique, terrestre et de toxicité humaine, la Figure 6 présente les résultats détaillés par substance pour les indicateurs écotoxicité aquatique, terrestre et toxicité humaine.

L’écotoxicité aquatique est dominée par les émissions de **cuivre dans le sol et l’air** (à cause d’une faible sédimentation des métaux). Cet impact comporte beaucoup d’incertitudes car les modèles utilisés considèrent un horizon de temps sur plusieurs millénaires. En conséquent, même un petit impact annuel sur la biodiversité mais cumulé à très long terme se somme et devient un impact total important. Le **folpet** est la substance qui domine après le cuivre.

Pour l’écotoxicité terrestre, la tendance est exactement la même que pour l’écotoxicité aquatique. Pour la toxicité humaine, la tendance est aussi la même que pour l’écotoxicité aquatique pour le **cuivre** et le **folpet**. De plus, les émissions de **myclobutanil dans l’air** ont un impact toxique important pour l’hélicoptère.

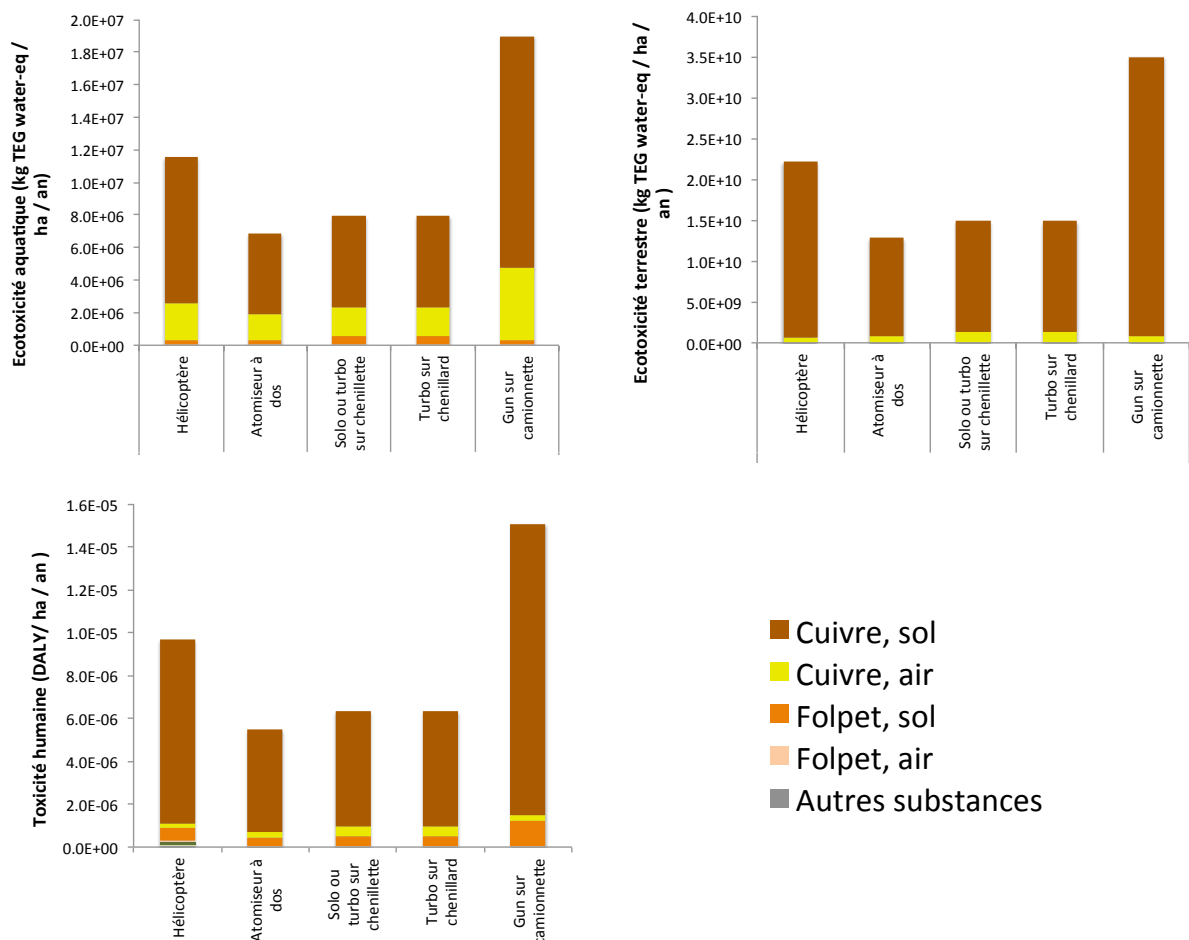


Figure 6: Détail des contributions de l’impact sur l’écotoxicité aquatique, terrestre et la santé humaine de l’application de produits phytosanitaires différenciée par substance

L'effet du cuivre sur la **santé humaine** est décrit selon la citation suivante de l'Institut National de Recherche et Sécurité (2013): « L'inhalation chronique de fumées ou de poussières de cuivre entraîne une irritation des voies aériennes supérieures de sévérité variable, pouvant aller jusqu'à provoquer des ulcérations ou des perforations de la cloison nasale. L'exposition respiratoire répétée et sans protection à la bouillie bordelaise peut provoquer l'apparition d'une pneumoconiose appelée « vineyard sprayers's lung » ou poumon du viticulteur, comme cela a été décrit chez des applicateurs portugais».

Pour les organismes aquatiques, le cuivre est classifié comme « modérément » à « hautement toxique » pour les organismes aquatiques, affectant le comportement, le développement, le croissance, la mortalité et autres effets selon les groupes d'organismes, d'après la base de données Pesticide Action Network North America (Kegley et al. 2014).

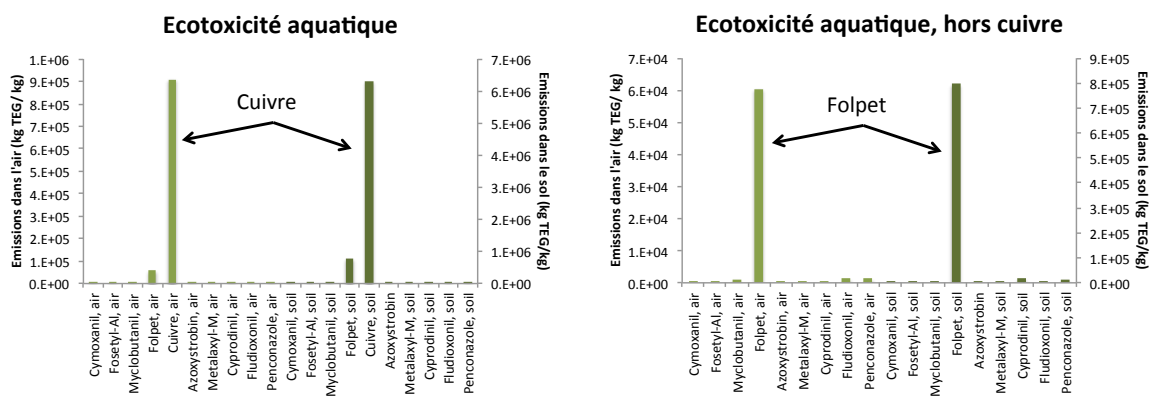
3.3. Analyse de la toxicité des substances émises

Afin de comprendre l'ampleur de la toxicité de chaque substance indépendamment de la dose appliquée pour les différentes méthodes de traitement phytosanitaire, la Figure 7 représente l'analyse de l'effet toxique des produits phytosanitaires utilisée par kg émis, avec et sans le cuivre.

Pour l'écotoxicité aquatique et terrestre, les **émissions de cuivre** sont les plus toxiques (facteur de caractérisation interim), suivies par le **folpet** et le **cymoxanil** pour l'écotoxicité terrestre.

Pour la santé humaine, les plus toxiques sont le **cuivre** et le **myclobutanil**.

Sans le cuivre, l'impact du **folpet**, **cymoxanil**, **myclobutanil** et **penconazole** ressortent.



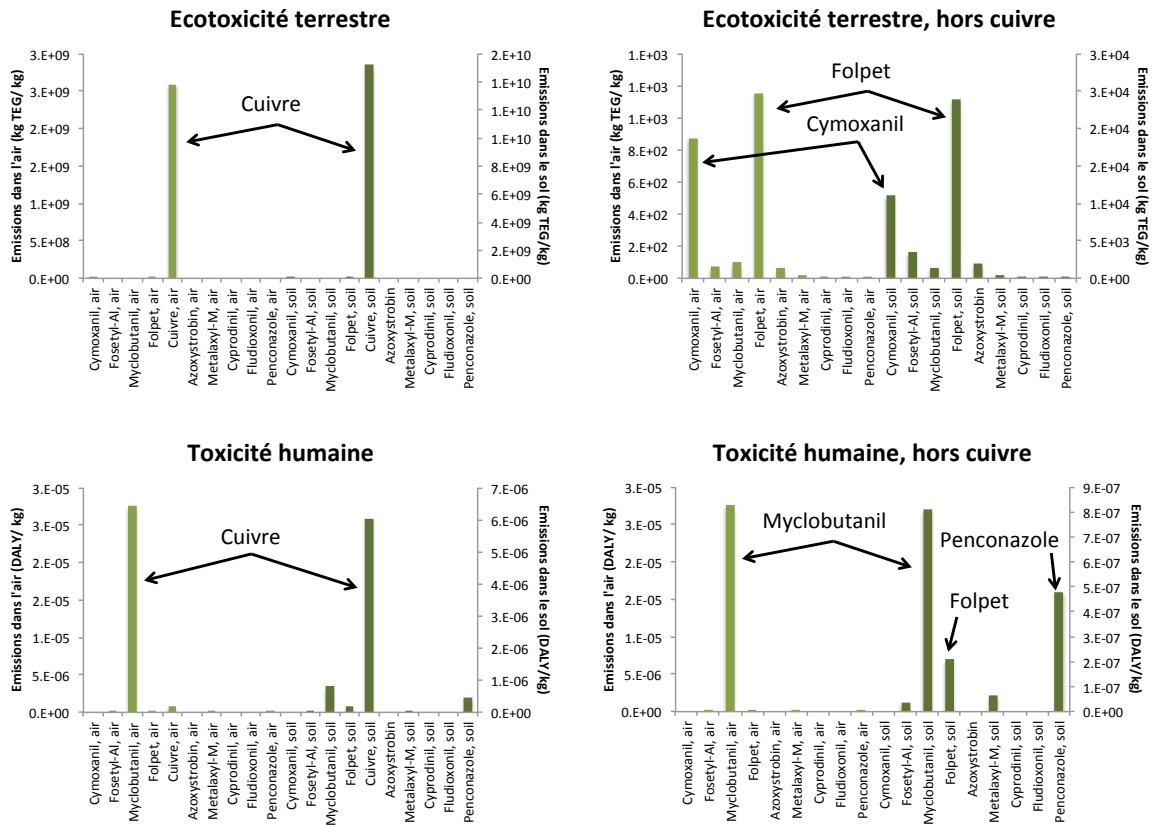


Figure 7: Analyse de l'effet toxique des produits phytosanitaires utilisée par kg émis, avec et sans le cuivre

3.4. Présentation de l'évaluation multi-critère

Le Tableau 2 présente la matrice multi-critère qui résume qualitativement la performance globale de chaque méthode d'application pour des catégories sociales (besoin de combinaison de protection du travailleur (toxicité), besoin de protection du travailleur (bruit), pénibilité des travailleurs, impact environnemental (toxicité) et impact environnemental (énergie et changement climatique)).

Les résultats globaux sont interprétés dans la conclusion.

Changements climatiques

	Hélicoptère	Atomiseur à dos, 15l	Solo ou turbo sur chenillette	Turbo sur chenillard	Gun sur camionnette
Besoin de combinaison de protection du travailleur (toxicité)	●	●	●	●	●
Besoin de protection du travailleur (bruit)	●	●	●	●	●
Pénibilité des travailleurs	●	●	●	●	●
Impact environnemental (toxicité)	●	●	●	●	●
Impact environnemental (énergie et changement climatique)	●	●	●	●	●

● Très faible
 ● Faible
 ● Moyen
 ● Elevé
 ● Très élevé

Tableau 2: Matrice multicritère d'évaluation qualitative des méthodes de traitement phytosanitaires

4. CONCLUSIONS

Conclusions principales

L'analyse des impacts environnementaux (ACV) de techniques d'application des phytosanitaires révèle que le **turbo sur chenillette** est la technique à privilégier, et dans une moindre mesure **l'hélicoptère** et le **turbo sur chenillard**.

A l'inverse, l'atomiseur à dos et le gun sur camionnette sont peu performants d'un point de vue environnemental dû à :

- **de fortes émissions toxiques du gun sur camionnette** en raison de la sédimentation au sol des produits et de grande quantité de substances émises (émissions les plus toxiques sont le cuivre, le folpet et le myclobutanil).
- **d'impacts élevés sur les ressources et le changement climatique de l'atomiseur à dos**, en raison de sa consommation de carburant.

Les impacts liés à l'utilisation des produits phytosanitaires viennent d'effets directs (application) et indirects (production).

Conclusions secondaires



































Les conclusions secondaires sont listées ci-dessous :

- Le **turbo sur chenillette** et le **turbo sur chenillard** sont relativement performants partout, à condition que le travailleur soit correctement protégé.
- **L'hélicoptère** a un impact sur la toxicité environ 30% supérieur par rapport au turbo sur chenillette. Par contre, il est avantageux d'un point de vue énergétique et est peu pénible pour le travailleur.
- Le **gun sur camionnette** a un impact sur la toxicité plus de 2 fois supérieure par rapport au turbo sur chenillette. De plus, il consomme beaucoup d'énergie et est pénible à utiliser.
- **L'atomiseur à dos** induit une consommation énergétique 3 fois supérieure par rapport au turbo sur chenillette due au déplacement du véhicule secondaire. Il est en outre très pénible d'utilisation, et présente certains risques pour le viticulteur.
- Il est recommandé d'explorer **d'autres processus de travail de la vigne** et **organisations territoriales** réduisant les déplacements de véhicule secondaire et utilisant une dose optimisée de produits phytosanitaires.
- Les **distances légales** lors de l'application de produits phytosanitaires doivent être respectées afin d'éviter leur utilisation à proximité des cours d'eau.
- Le système d'application Joco muni de panneaux récupérateurs est recommandé pour une utilisation en plaine car il dépose les plus grandes quantités de matière active sur les feuilles par rapport aux autres techniques.

5. LIMITES DE L'ÉTUDE

Les principales limites de cette étude sont listées ci-dessous :

- **L'utilisation du véhicule secondaire pour l'application par atomiseur** est basée sur un échantillon de deux données. L'incertitude concernant cette donnée est ainsi élevée.
- 35% des substances utilisées ne sont pas couvertes dans les modèles de toxicité utilisés et n'ont donc pas de score de toxicité. Les autres 65% sont couvertes par les modèles de toxicité utilisés (USEtox et IMPACT 2002+). Le Tableau 3 présente les substances couvertes pour l'écotoxicité (aquatique et terrestre) et la santé humaine.

Substance active	Modèle utilisé pour l'écotoxicité	Modèle utilisé pour la santé humaine
Azoxystrobine	IMPACT 2002+ 	Pas d'impact 
-	Toxicité négligeable 	Toxicité négligeable 
Cymoxanil	IMPACT 2002+ 	Pas d'impact 
Penconazole	USEtox 	USEtox 
Folpet	USEtox 	USEtox 
Cuivre métal	USEtox 	USEtox 
Proquinazid	Pas couvert 	Pas couvert 
Cyprodinil	IMPACT 2002+ 	Pas d'impact 
Fludioxonil	IMPACT 2002+ 	Pas d'impact 
Métrafénone	Pas couvert 	Pas couvert 
Quinoxifen	Pas couvert 	Pas couvert 
Métalaxyl-M	USEtox 	USEtox 
Spiroxamine	Pas couvert 	Pas couvert 
Fosetyl-Al	USEtox 	USEtox 
Quinoxifen	Pas couvert 	Pas couvert 
Myclobutanil	IMPACT 2002+ 	IMPACT 2002+ 
Mandipropamide	Pas couvert 	Pas couvert 




-  Substance couverte
-  Substance sans effet
-  Substance non couverte

Tableau 3: Inventaire des substances couvertes, sans effet et non couvertes pour l'écotoxicité et la santé humaine par les méthodes IMPACT 2002+ et USEtox

- La **dérive** au sol est prise en compte mais le fait que la substance n'atteigne pas la plante se reflète uniquement sur le nombre de tours annuels requis menant à un rendement similaire.
- L'influence de la **compaction des sols** avec les différentes techniques d'application n'est pas prise en compte.
- Les effets sur la santé humaine des travailleurs agricoles de l'application des produits ne sont pris en compte que de façon qualitative dans la matrice multicritère, sans être intégrés aux résultats ACV.
- L'impact toxique des fongicides **émis dans le réseau de traitement d'eau** lors du rinçage et dans le milieu récepteur lorsqu'ils ne sont pas traités en station d'épuration n'est pas considéré.
- L'**emballage des fongicides** n'est pas considéré.

6. 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).

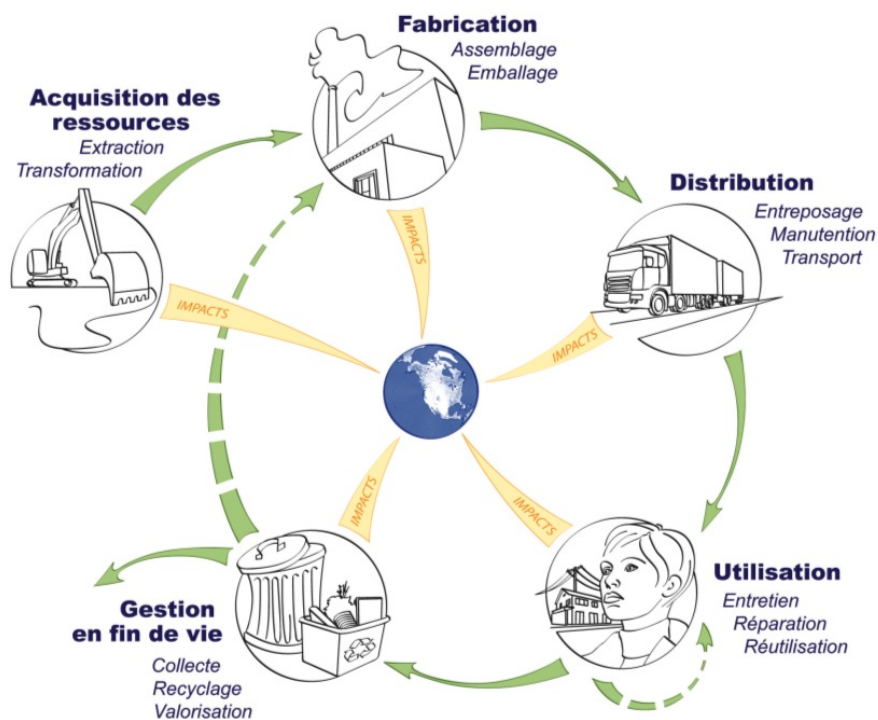


Figure 8: Étapes du cycle de vie d'un produit.

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 9 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.

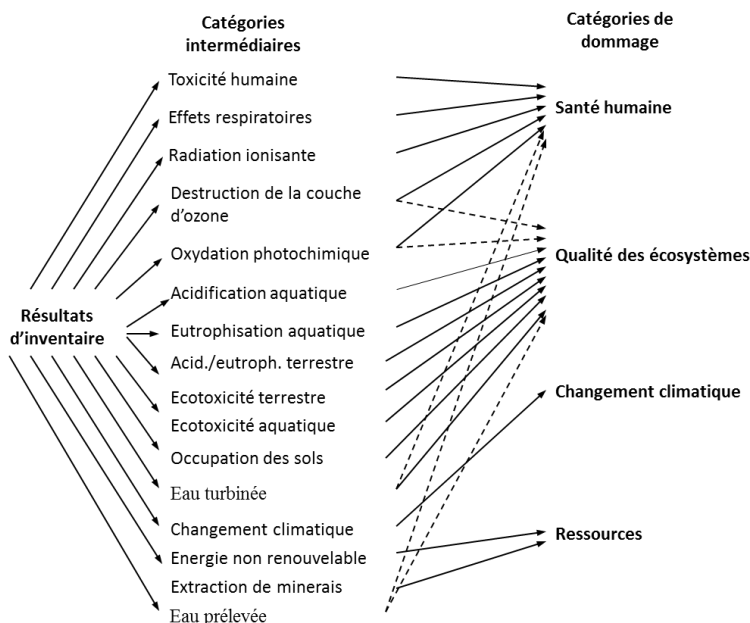


Figure 9: Schéma global de la méthode IMPACT 2002+ vQ2.2 (Jolliet et al. 2003 ; Humbert et al. 2012).

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.

7. ANNEXE 2: ÉTUDE DE SENSIBILITÉ POUR L'ÉCOTOXICITÉ AQUATIQUE ET TERRESTRE

La Figure 10 présente les résultats de l'impact sur l'écotoxicité aquatique et terrestre pour une analyse de sensibilité avec 100% d'émissions dans le sol, ce qui suit les principes de modélisation dans la base de données ecoinvent v2.2.

Les résultats modélisés selon ce principe sont linéairement proportionnels à la quantité émise: le **gun sur camionnette** est donc le plus impactant.

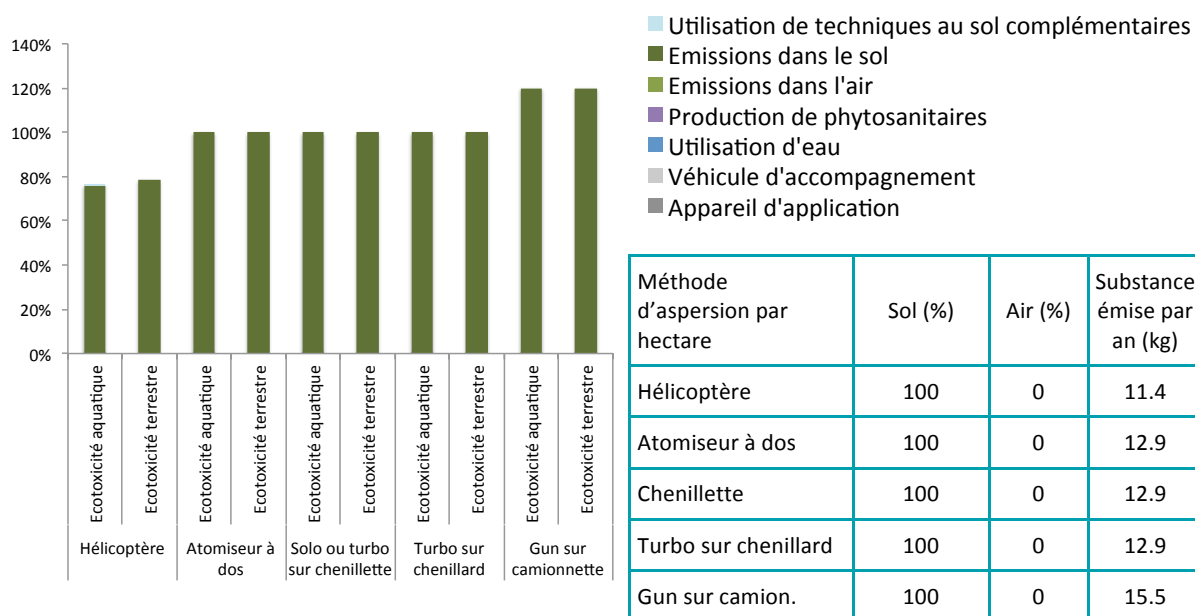


Figure 10: Détail des contributions de l'impact sur l'écotoxicité aquatique et terrestre de l'application de produits phytosanitaires pour l'analyse de sensibilité où 100% des substances sont émises dans le sol (suivant le principe d'ecoinvent v2.2)

8. RÉFÉRENCES

Agroscope (1981) Spritzbrühe Retentionsversuche in Reben 1981; Ciba-Geigy AG, Division Agro, Applikationsforschung 4002 Basel

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>

Institut National de Recherche et Sécurité (2013) Fiche toxicologique sur le cuivre et ses composés

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.

Kegley, S.E., Hill, B.R., Orme S., Choi A.H., PAN Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America (Oakland, CA, 2014), <http://www.pesticideinfo.org>.

Siegfried W, Viret O, Hollieger E, Mittaz C, Crettenand Y, Antonin P (1999) Qualité de l'application des produits phytosanitaires en viticulture et efficacité de la lutte contre les maladies fongiques