

# Evaluation globale des impacts environnementaux des itinéraires techniques viticoles par l'Analyse du cycle de vie (ACV)

Christel RENAUD<sup>1</sup>, Marc BENOIT<sup>2</sup>, Marie THIOUET-SHOLTUS<sup>3</sup> et Frédérique JOURJON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PRES L'UNAM, UMT VINITERA\*, ESA, Laboratoire GRAPPE, rue Rabelais 55, BP 30748, 49007 Angers Cedex 01, France

<sup>2</sup>INRA-SAD UR 055 ASTER, avenue Louis-Buffet 662, 88500 Mirecourt, France

<sup>3</sup>UMT VINITERA, INRA-SAD Angers, rue Georges-Morel 42, 49000 Angers, France

Renseignements: Christel Renaud, e-mail: c.renaud@groupe-esa.com, tél. +33 241 23 55 55



Vue du vignoble du Val de Loire: l'impact environnemental de ses techniques culturales fait l'objet d'une évaluation globale à l'aide de la méthode de l'Analyse du cycle de vie (ACV).

\*UMT VINITERA: Unité mixte technologique Vins, INnovations, Itinéraires, TERroirs et Acteurs: regroupe des personnels d'organismes de recherche (INRA-UEVV Angers), de l'enseignement supérieur (ESA-Laboratoires GRAPPE et LARESS) et du développement (Institut français de la vigne et du vin, Pôle Val de Loire-Centre et l'Association Cellule Terroirs viticoles) autour d'un programme de recherche commun intitulé «Construction de la qualité des vins de terroir, des producteurs aux consommateurs».

## Introduction

La pression sociale et économique sur la filière viticole pour adopter des pratiques durables est croissante. En France, un des objectifs de la politique environnementale des décideurs publics est la réduction de 50 % de l'utilisation des pesticides entre 2008 et 2018, et une nouvelle exigence d'affichage environnemental sur les

produits de grande consommation pourrait être imposée à partir de 2012. Ces exigences concernent directement la filière viticole. Les vignerons doivent donc poursuivre l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement tout en assurant le maintien de la qualité de leurs vins. Afin de les accompagner, nos travaux visent d'une part à mesurer la concordance entre les indicateurs de qualité du raisin de cuve et de performance environnementale des itinéraires techniques viticoles (ITKv) et d'autre part à identifier, au sein des ITKv, les techniques responsables de ces niveaux de compatibilité pour aider les producteurs à choisir les ITKv optimaux. Parmi les nombreux indicateurs permettant d'évaluer les performances environnementales en agriculture (Bockstaller *et al.* 2008; Payraudeau et van der Werf 2005), l'Analyse du cycle de vie (ACV) a été choisie pour cette étude. Cet article est consacré à l'intérêt et à l'adaptation de cette méthode à la production viticole. Après avoir exposé les principaux impacts environnementaux de la production viticole, nous analyserons les avantages et les inconvénients de l'ACV et présenterons la démarche établie pour l'adapter à l'évaluation des impacts environnementaux des ITKv.

## Impact environnemental de la viticulture

Malgré les efforts importants consentis par la filière viticole pour réduire ses impacts environnementaux, les problèmes suivants sont recensés:

**Pollution des eaux:** sensible à de nombreux bio-agresseurs, la vigne fait partie des cultures qui consomment le plus de pesticides (Aubertot *et al.* 2005), dont 80 % de fongicides (Mézière *et al.* 2009). Par exemple, le rapport 2008 du réseau de suivi des pesticides dans les eaux en Région Bourgogne (Anonyme 2008) montre que les cours d'eau situés en aval des zones viticoles sont souvent les plus pollués et que les eaux souterraines en zones viticoles ne sont jamais indemnes de résidus, contrairement à d'autres zones agricoles limitrophes.

**Pollution de l'air:** en agriculture, les pertes par volatilisation des produits phytosanitaires appliqués représentent 10 à 90 % des quantités épandues (Bedos *et al.* 2002) et des pesticides sont présents dans toutes les phases atmosphériques (Aubertot *et al.* 2005). Par la suite, le dépôt de ces molécules dans les eaux de surface est un phénomène non négligeable (Warren *et al.* 2003).

**Pollution des sols:** l'utilisation de longue date de nombreux fongicides à base de cuivre a entraîné son accumulation dans différents sols viticoles dans le

**Résumé** ■ Tous les acteurs, du consommateur au législateur, imposent plus que jamais à la viticulture de prendre en compte ses impacts environnementaux tout en produisant des vins de qualité. Après avoir présenté ces impacts, les auteurs exposent la méthode de l'Analyse du cycle de vie et en proposent une adaptation pour évaluer les impacts environnementaux de la viticulture AOC dans le Val de Loire. Les limites du système étudié sont expliquées et le choix de l'unité fonctionnelle et son importance dans le cadre de la viticulture sont discutés.

monde à des teneurs parfois très importantes (Brun *et al.* 1998) et pouvant engendrer des phénomènes de toxicité pour les organismes du sol.

**Erosion des sols:** les vignobles implantés sur des parcelles en pente sont particulièrement sensibles à l'érosion pour des sols à structures battantes ou sans couverture végétale (Jammart *et al.* 2003). La récupération de la terre érodée et la diminution de la qualité du sol sont très coûteuses pour les vignerons (Herbreteau *et al.* 2003) mais aussi pour les collectivités territoriales gérant les zones en aval des vignobles (Jammart *et al.* 2003).

**Contribution à l'effet de serre:** Kerner et Rochard (2007) ont calculé que la production de raisins engendre la moitié (44 à 53 %) des émissions de gaz à effet de serre d'une exploitation. Ces émissions sont dues principalement aux déplacements des salariés, aux produits phytosanitaires et au carburant des tracteurs. Considérant le cycle de vie d'une bouteille de vin produite localement et fournie à un consommateur genevois, Rochat *et al.* (2009) avancent que celle-ci correspond à 350 g de CO<sub>2</sub> éq. émis, dont 100 g sont issus des pratiques viticoles.

**Utilisation de ressources non renouvelables:** comprenant les énergies fossiles utilisées par les engins viticoles et les véhicules et les minerais entrant dans la fabrication des intrants et des matériels, les combustibles fossiles représentent le poste le plus important des impacts (Aranda *et al.* 2005).

**Dégradation de la biodiversité:** à l'échelle locale, l'intensification des pratiques agricoles, et en particulier l'usage des produits phytosanitaires pour les cultures pérennes, conduit à un déséquilibre. A l'échelle territoriale, l'intensification des cultures réduit et fragmente les habitats semi-naturels favorables à la biodiversité (Le Roux *et al.* 2008).

## L'Analyse du cycle de vie ACV

Si l'on souhaite évaluer ces impacts sur l'ensemble du processus de production, l'ACV présente de nombreux atouts. Elle est normalisée au niveau international (ISO 14040) et une importante communauté scientifique s'emploie à la faire progresser, y compris en agriculture. Elle évalue les impacts environnementaux d'un produit, de l'extraction des matières premières qui le composent à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation. Cela permet d'éviter que des améliorations environnementales ne soient en réalité qu'un déplacement des charges polluantes d'une partie du processus à l'autre et de déterminer les priorités d'action pour réduire l'impact environnemental global d'un produit (Jolliet *et al.* 2005). La principale limite de l'ACV est le manque de modèles appropriés pour évaluer certaines atteintes: les indicateurs d'impacts sur la biodiversité et l'état du sol ne sont pas encore disponibles pour les cultures spéciales. Enfin, étant donné le caractère potentiel des impacts calculés, l'ACV n'émet aucune affirmation sur la sécurité locale de l'activité ou des cas de toxicités aiguës, par exemple (Jolliet *et al.* 2005). Elle ne permet pas non plus de valider des impacts calculés par des valeurs mesurées. Les indicateurs sont adoptés par consensus d'experts (Payraudeau et van der Werf 2005). La méthode est aujourd'hui appliquée et adaptée aux systèmes agricoles, dont l'arboriculture (Mouron *et al.* 2006). Des résultats ont été publiés en viticulture-œnologie (Aranda *et al.* 2005, Petti *et al.* 2006, Pizzigallo *et al.* 2006, Rochat *et al.* 2009, Gazulla *et al.* 2010), mais les auteurs proposent peu d'éléments de mise au point de la méthode concernant la partie viticole. Dernier argument, l'ACV a été choisie sous forme simplifiée pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation en France, ce qui devrait directement concerner la filière vin.

## Méthode proposée

L'adaptation de l'ACV sera réalisée en moyenne Vallée de la Loire, sur la base d'un réseau de douze à quinze parcelles de Chenin blanc, représentant une variabilité croisée d'ITKv sur les critères de qualité du raisin et de performance environnementale. Le calcul des ACV sur trois millésimes permettra une adaptation aux pratiques viticoles et une amélioration itérative de la méthode, articulée selon les quatre phases successives classiques d'une ACV (fig.1).

### 1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Notre étude porte sur les ITKv et leur effet sur la qualité du raisin de cuve, nous limiterons donc le système étudié à la production de raisin (fig. 2). L'échelle temporelle sera le millésime. Les impacts liés aux phases non productives seront amortis sur une durée de production de la vigne de vingt-cinq ans, classiquement utilisée en comptabilité. Si la durée de vie des parcelles diffère notablement selon les ITKv étudiés, des durées d'amortissement différentes seront alors envisagées.

L'unité fonctionnelle (UF) est l'unité à laquelle seront rapportés les impacts. Elle fait l'objet d'une réflexion méthodologique importante en agriculture, où l'ACV est utilisée depuis plus de dix ans. Le tableau 1 résume les principales UF utilisées en ACV agricole et celles que nous prévoyons de tester pour la viticulture.

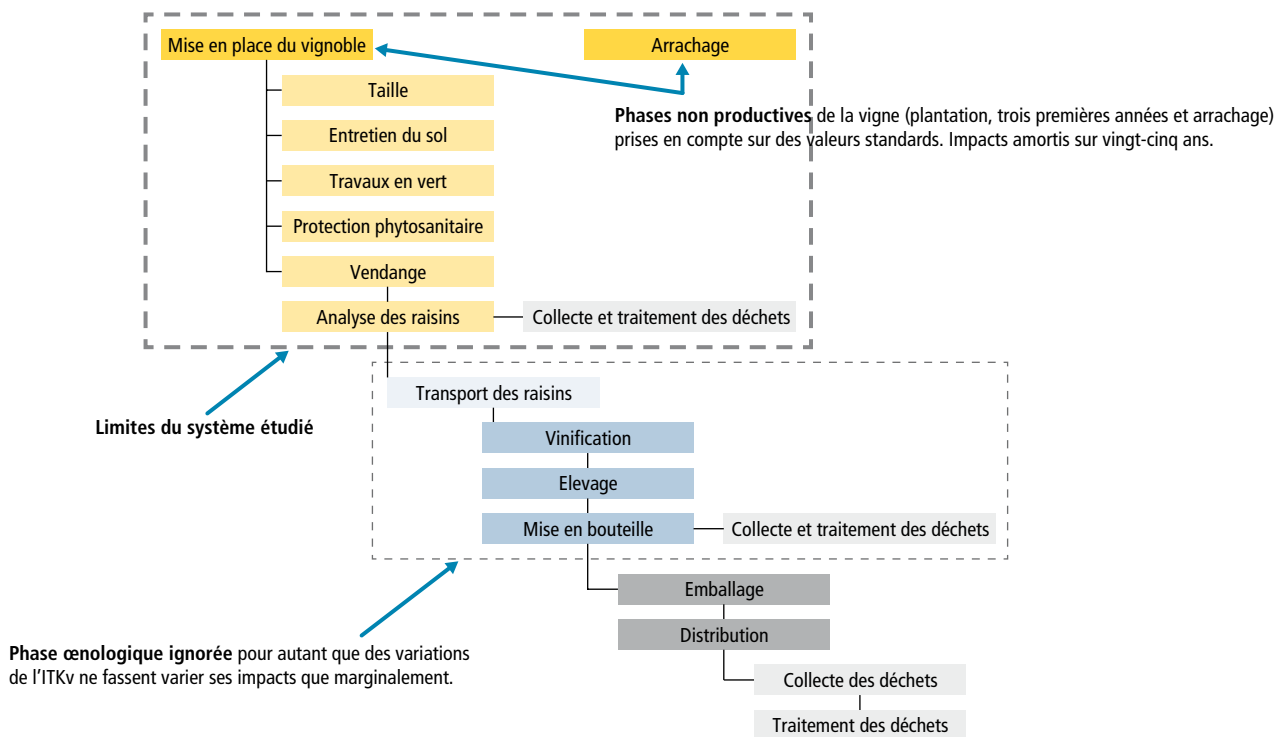
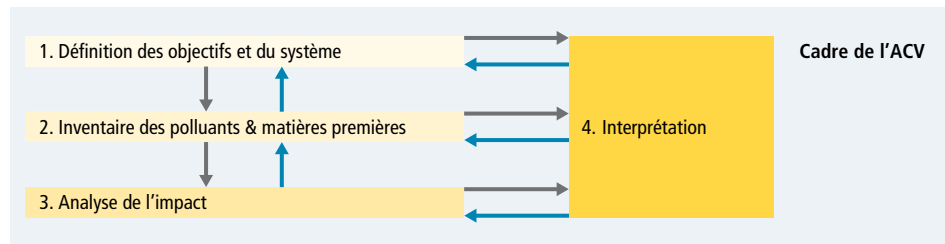
Le cas de la viticulture présente des spécificités qui demandent de traiter cette question avec une attention particulière. (i) Généralement, il existe une corrélation négative entre rendement et qualité (notamment sucres et polyphénols) du raisin, a fortiori en zone septentrionale où se situe notre étude (Huglin et Schneider 1998). Le choix d'une unité fonctionnelle qui ne considère que la masse de raisins défavorisera donc les productions les plus qualitatives. (ii) La vigne est une plante pérenne et il est intéressant d'évaluer l'impact de sa culture sur une surface occupée pour plusieurs décennies. (iii) La valeur monétaire du raisin varie principalement en fonction d'autres facteurs que la qualité intrinsèque du vin qui en est issu (notoriété du vin, cours du marché); elle est même inconnue lorsque le raisin est vinifié par son producteur, ce qui rend difficile l'utilisation d'une unité fonctionnelle de type «recette totale» sur le raisin. Afin d'estimer l'influence du choix de l'UF sur les impacts calculés et de prendre en compte la multifonctionnalité de la viticulture, nous réaliserons les calculs sur la base de plusieurs unités fonctionnelles (tabl. 1, 4<sup>e</sup> colonne).

### 2. Inventaire des émissions et extractions

Les schémas de processus correspondant à chaque ITKv observé seront élaborés, détaillant toutes les techniques mises en œuvre et les flux de matières et d'énergies correspondants. L'inventaire des flux sera alors réalisé par enquête annuelle auprès des vigneronnes cultivant les parcelles suivies.



**Figure 1** | Les quatre phases de l'ACV (Jolliet *et al.* 2005).



**Figure 2** | Cycle de vie simplifié du vin et limites du système vignes étudiées.

**Tableau 1** | Unités fonctionnelles utilisées pour le calcul de l'ACV en agriculture et envisagées dans notre étude

Objectifs	Unités fonctionnelles (UF) utilisées dans la littérature	Auteurs	Unités fonctionnelles (UF) à tester dans notre étude
Minimiser les impacts d'une masse de produit	Une masse de produit (1 t de blé, ou 1000 l de lait)	Hayashi <i>et al.</i> (2005)	Oui, 1 kg de raisin ou 1 hl de moût
Minimiser les impacts quand on cultive une surface donnée	Une surface cultivée (1 ha de blé ou de pommiers)	Mouron <i>et al.</i> (2006)	Oui, 1 ha de vigne
Prendre en compte la double fonction du système de quantité et de qualité de production	1 t de blé à 13 % de protéines: critères qualitatifs du produit intégrés dans l'UF	Charles <i>et al.</i> (1998)	Oui, 1 kg de raisin doté de critères qualitatifs intégrés dans l'UF
Minimiser les impacts environnementaux en relation avec la valeur des biens produits	UF «recette totale» (appliquée à la pomme)	Mouron <i>et al.</i> (2006)	Non, car sa définition et son estimation sont difficiles.
Adapter l'UF au type d'impact	Unités fonctionnelles différentes selon les catégories d'impacts environnementaux	Haas <i>et al.</i> (2000)	Oui

### 3. Calcul des impacts à partir des flux grâce à des coefficients préétablis

Les impacts potentiels couramment retenus pour les ACV agricoles sont l'émission de gaz à effet de serre, l'écotoxicité aquatique et terrestre, l'eutrophisation, la toxicité pour l'homme, l'acidification des sols, l'épuisement des ressources naturelles, l'occupation des terres; parfois aussi la formation d'ozone troposphérique, l'érosion, l'utilisation d'énergie, la quantité de déchets (Haas *et al.* 2000; Audsley *et al.* 2003; Mouron *et al.* 2006).

Notre choix d'impacts sera lié à ceux que nous avons identifiés ci-dessus en viticulture et à ceux classiquement utilisés pour les ACV agricoles. Les calculs seront réalisés avec un logiciel spécifique à l'ACV, selon la méthode de calcul CML 2001 (Guinée *et al.* 2002) et à partir de la base de données internationale d'inventaires de Cycles de vie Eco-Invent (Frischknecht *et al.* 2005) qui sera complétée par les substances actives et les matériels spécifiques à la viticulture.

### 4. Interprétation des résultats

Des tests de sensibilités seront réalisés pour explorer l'effet des principaux facteurs contribuant à l'incertitude des résultats. Les ACV des ITKv seront calculées pour trois millésimes.

## Conclusions

- Les résultats attendus sont (i) l'adaptation de la méthode ACV aux itinéraires techniques viticoles en Val de Loire, (ii) l'estimation de la performance environnementale des itinéraires en relation avec la qualité du raisin obtenu.
- Cette démarche permettra à terme de proposer aux filières viticoles une méthodologie et des outils pour choisir les pratiques permettant de concilier qualité du raisin et performance environnementale.
- Ces résultats, accompagnant la filière viticole vers une viticulture plus respectueuse de l'environnement, serviront à faire évoluer les pratiques et les cahiers des charges de productions viticoles labellisées, en adéquation avec les attentes des consommateurs et de la société.
- Les résultats méthodologiques concernant l'ACV permettront à la recherche viticole d'identifier les points-clés à améliorer. ■

### Bibliographie

- Anonyme, 2008. Réseau de suivi des pesticides dans les eaux en Région Bourgogne. DIREN, DRAF, DRASS & FREDON Bourgogne. Rapport de présentation des résultats de l'année hydrologique d'août 2006 à juillet 2007, 68 p.
- Aranda A., Zabalza I. & Scarpellini S., 2005. Economic and environmental analysis of the wine bottle production in Spain by means of life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* 4, 178–191.
- Aubertot J. N., Barbier J. M., Carpentier A., Gril J. J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I. & Voltz M., 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.
- Audsley E., Alber S., Clift R., Cowell S., Crettaz P., Gaillard G., Hausheer J., Jolliet O., Kleijn R., Mortensen B., Pearce D., Roger E., Teulon H., Weidema B. & van Zeits H., 2003. Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. Final Report Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission, DG IV version at 20 august 2003, 101 p.
- Bedos C., Cellier P., Calvet R., Barriuso E. & Gabrielle B., 2002. Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilisation from soils and plants. *Agronomie* 22, 21–33.
- Bockstaller C., Guichard L., Makowski D., Aveline A., Girardin P. & Plantureux S., 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 139–149.
- Brun L. A., Maillet J., Richarte J., Herrmann P. & Remy J. C., 1998. Relationships between extractable copper, soil properties and copper uptake by plants in vineyards soils. *Environmental Pollution* 102, 151–161.
- Charles R., Jolliet O. & Gaillard G., 1998. Taking into account quality in the definition of functional unit and influence on the environmental optimisation of fertiliser level. *In: Proceedings of the International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-industry and Forestry*; Brussels, Belgium, 11–16.
- Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R. & Heck T., 2005. The ecoinvent Database: Overview and Methodological Framework. *Int. Journal of LCA* 10 (1), 3–9.
- Gazulla C., Raugei M. & Fullana i Palmer P., 2010. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? *Int. Journal of LCA* 15, 330–337.
- Guinée J. B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Koning A. de, Oers L. van, Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H. A., Bruijn H. de, Duin R. van & Huijbregts M. A. J., 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 692 p.
- Haas G., Wetterich F. & Geier U., 2000. Framework in Agriculture on the Farm Level. *Int. Journal of LCA* 5 (6), 345–348.
- Hayashi K., Gaillard G. & Nemecek T., 2005. Life Cycle Assessment of agricultural systems: current issues and future perspectives. Good Agricultural Practice (GAP) in Asia and Oceania. *In: Proceeding of the international seminar on technology development for GAP in Asia and Oceania* October 24–28, 2005, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- Herbretau V., Bouchetal B., Commagrac L., Lee A. & Chery P., 2003. Evaluation de la sensibilité à l'érosion des zones viticoles. Influence des pratiques culturales (exemple du Fronsadais). Actes des journées 2003, Association internationale pour l'écologie du paysage 8-10/10/2003, Gap, France, éd. Cemagref.

## Summary Environmental impacts of vineyard management practices, interest of a global evaluation by life cycle assessment

All stakeholders, from consumers to regulators are focusing their demand on reducing the environmental impact of viticulture, but not at the expense of the quality of the wine. After presenting these impacts, the authors expose the Life Cycle Assessment method. They propose an approach to adapt the method for assessing environmental impacts in Loire Valley PDO viticulture, to evaluate compatibility between qualitative and environmental objectives in wine grapes production. The limits of the system considered are explained and the choice of functional unit and its importance in viticultural context are discussed.

**Key words:** environmental evaluation, viticulture, LCA, functional unit.

## Zur globalen Bewertung der Umweltwirkungen der technischen Prozesse im Weinbau – Life Cycle Assessment (LCA)

Alle Betroffenen – vom Konsumenten bis zum Gesetzgeber – erlegen immer öfter auf, dass der Weinbau seine Umweltwirkungen berücksichtigt, aber dass er auch Qualitätsweine erzeugt. Nachdem die Autoren diese Auswirkungen vorgestellt haben, präsentieren sie die Ökobilanz-Technik (LCA). Sie schlagen vor, wie sie die Lebenszyklusanalyse adaptieren wollen. Damit können sie die Umweltwirkungen des Weinbaus im Loire-Tal AOC (kontrollierte Herkunftsbezeichnung) im Rahmen der Verträglichkeitsstudie von Qualitäts- und Umweltzielen in der Keltertraubenproduktion bewerten. Die Systemgrenzen werden erklärt und die Wahl der funktionellen Einheit und ihre Bedeutung im Kontext des Weinbaus werden diskutiert.

## Riassunto Valutazione globale dell'impatto ambientale dei protocolli colturali in viticoltura per l'Analisi del ciclo di vita (ACV)

Oggi più che mai, gli attori della filiera, dal consumatore al legislatore, impongono di considerare l'impatto ambientale della viticoltura senza ridurre la qualità dei vini. Dopo la presentazione delle componenti dell'impatto ambientale, gli autori espongono il metodo dell'Analisi del ciclo di vita e ne propongono un'adattamento per la valutazione dell'impatto ambientale della viticoltura nella Valle della Loira (AOC). Sono evidenziati i limiti del metodo così come è discussa la scelta dell'unità funzionale nonché la sua importanza.

- Huglin P. & Schneider C., 1998. Biologie et écologie de la vigne. Tec & Doc, 370 p.
- Jammart J., Chabaud J., Lee A., Slak M. F & Chery P., 2003. Prise en compte de l'évolution de l'occupation des sols dans la gestion prospective de l'aléa «érosion des sols»: étude de cas dans l'Entre-deux-Mers. In: Actes des journées 2003, Association internationale pour l'écologie du paysage 8-10/10/2003, Gap, France, éd. Cemagref.
- Jolliet O., Saadé M. & Crettaz P., 2005. Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan. Presses polytechniques et universitaires romandes, 235 p.
- Kerner S. & Rochard J., 2007. Bilan Carbone®: de la vigne à la bouteille. In: Actes de la journée technique régionale organisée par le Pôle sud-ouest Midi-Pyrénées de l'IFV, 20 décembre 2007.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J. P. & Trommetter M., 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective INRA, juillet 2008, Quae, 177 p.
- Mézière D., Gary C., Barbier J. M., Bernos L., Clément C., Constant N., Delière L., Forget D., Grosman J., Molot B., Rio P., Sauvage D. & Sentenac G., 2009. ECOPHYTO R&D. Vers des systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires. Volet 1: Analyse comparative de différents systèmes en viticulture (Tome III), Technical report, MEEDAT-MAP-INRA.
- Mouron P., Scholz R. W., Nemecek T. & Weber O., 2006. Life cycle management on Swiss fruit farms: Relating environmental and income indicators for apple-growing. *Ecological Economics* 58, 561–578.
- Payraudeau S. & van der Werf H. M. G., 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107, 1–19.
- Petti L., Raggi A., De Camillis C., Matteucci P., Sára B. & Pagliuca G., 2006. Life cycle approach in an organic winemaking firm: an Italian case-study. In: 5th Australian Conference on LCA, Melbourne, 22–24 Nov. 2006.
- Pizzigallo A. C. I., Granai C. & Borsa S., 2006. The joint use of LCA and «emergy» evaluation for Italian wine farms. *Journal of Environmental Management* 86, 396–406.
- Rochat D., Carvalho A. & Massard G., 2009. Performance environnementale des produits «vin rouge» et «tomate» à Genève. SOFIES, Genève, 76 p.
- Warren N., Allan I. J., Carter J. E., House W. A. & Parker A., 2003. Pesticides and other micro-organic contaminants in freshwater sedimentary environments – a review. *Applied Geochemistry* 18, 159–194.