

Évaluation environnementale de pratiques vitivinicoles innovantes

Environmental assessment of innovative winegrowing practices

Hugo Luzi¹, Emilie Adoir¹ et Sophie Penavayre¹

¹ Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV)

Résumé. L'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) conduit de nombreux projets d'évaluation technico-économiques de pratiques vitivinicoles innovantes, en expansion dans les entreprises du secteur, ou encore au stade de R&D chez les agrofournisseurs. La méthode de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) permet d'évaluer la pertinence environnementale de ces nouvelles pratiques, c'est-à-dire qu'à minima, les changements de pratiques n'augmentent pas les impacts environnementaux des itinéraires techniques. Le Pôle Evaluation environnementale de l'IFV a ainsi évalué des alternatives aux herbicides et des pratiques d'adaptation au changement climatique. Il en ressort des pratiques présentant un gain environnemental (implantation de couverts végétaux dans l'inter-rang non exportés), tandis que d'autres pratiques, telles que modélisées à ce jour, dégradent l'empreinte environnementale du vin (désherbages mécanique et électrique, phytoextraction du cuivre des sols, irrigation, désucrage des vins). La pertinence environnementale de l'utilisation de filets antigivre dépend quant à elle de plusieurs hypothèses testées dans une analyse de sensibilité. Ce cumul de références permet d'orienter les professionnels de la filière dans leurs choix technico-économiques. Il faut cependant prendre ces résultats comme des premières références, et encourager les évaluations avec des données spécifiques. Le projet de rendre possible le calcul d'empreinte carbone spécifiques pour ces pratiques dans l'outil de diagnostic carbone simplifié GES&Vit va dans ce sens.

Abstract. The French Institute for Vine and Wine (IFV) carries out numerous projects of technical and economical assessment on viticultural and oenological practices, either already implemented by vinegrowers or still at a R&D stage. The Life Cycle Assessment (LCA) is a method that is useful to assess the environmental relevance of those emerging practices, checking that at least practices changes does not increase the environmental footprint of technical itineraries. Thus, the IFV's Environmental Assessment team has assessed alternatives to herbicides and adaptation to climate change practices. Some practices show an environmental benefit (non exported inter-rows grass cover) while other practices show a worse environmental footprint, as it is modelled so far (mechanical and electrical weeding, copper phytoextraction from soils, irrigation, wine desugaring). The environmental relevance of hail protection net implementation depends on several hypothesis that have been challenged in a sensibility analysis. Those references contribute to help wine professional in decision-making, but have to be considered as first results. Assessments with specific data has to be encouraged: the project of making the carbon footprint calculation of those practices possible in the tool GES&Vit goes in that way.

1. Introduction

L'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) conduit de nombreuses expérimentations sur des pratiques vitivinicoles innovantes, qui commencent à apparaître dans les entreprises du secteur, ou qui sont encore au stade de R&D chez les agrofournisseurs. Ces pratiques peuvent

avoir pour objectif de réduire les impacts environnementaux, d'adapter le vignoble au changement climatique, ou d'autres objectifs techniques, économiques ou sociaux. Quel que soit l'objectif, il est nécessaire de vérifier la pertinence de ces nouvelles pratiques, et notamment la pertinence environnementale, c'est-à-dire qu'à minima, les changements de pratiques n'augmentent

pas les impacts environnementaux des itinéraires techniques.

Le Pôle Evaluation environnementale de l'IFV a donc réalisé ces dernières années des évaluations environnementales pour un certain nombre de pratiques observées dans les entreprises vitivinicoles, ou expérimentées par les ingénieurs viticoles et œnologues de l'IFV.

Les pratiques évaluées à ce jour par l'IFV sont des pratiques alternatives aux herbicides et des pratiques d'adaptation au changement climatique :

- entretien du sol : un premier projet a eu pour objectif de comparer les différents types d'entretien du sol observés dans 24 exploitations bourguignonnes [1]; un second projet a permis d'acquérir des références sur le désherbage électrique et l'acide pélagronique comparés à un témoin dans des conditions expérimentales [2] ; enfin, un troisième projet s'est intéressé à combiner un objectif de couverture végétale des sols avec un objectif de phytoremédiation des sols en cuivre [3].
- lutte antigrêle avec l'installation de filets, étudiée dans des conditions expérimentales [4].
- irrigation, en comparant quatre systèmes d'irrigation à un témoin dans des conditions expérimentales [5].
- correction de la teneur en alcool des vins par nanofiltration/contacteur à membrane ou par désucrage (procédés Redux®), dans des conditions expérimentales [6].

La méthode d'évaluation des impacts environnementaux utilisée est la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV), qui est à ce jour la méthode la plus reconnue au niveau international car la plus complète.

2. Matériel et méthodes

2.1. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

L'ACV est considérée comme la méthode d'évaluation environnementale la plus complète, car c'est une méthode multi-étapes (toutes les étapes du cycle de vie d'un produit ou service) et multicritères (une quinzaine d'indicateurs d'impacts, dont l'empreinte carbone, l'empreinte eau ou encore l'écotoxicité de l'eau douce) permettant de quantifier les impacts environnementaux d'une activité, d'un produit, d'un service d'une entreprise ou d'un territoire sur l'ensemble de son cycle de vie.

Elle peut donc s'appliquer aussi à une pratique vitivinicole en particulier, et permet de s'assurer qu'une nouvelle pratique ne va pas entraîner un déplacement de pollution entre étapes du cycle de vie ou entre catégories d'impact. Sont pris en compte les impacts liés à l'amont de l'activité – c'est-à-dire les impacts liés à la fabrication des intrants nécessaires à la pratique étudiée – et les impacts des émissions de polluants émis directement dans les

différents compartiments de l'environnement au moment de la pratique.

La série de normes ISO 14040-14044 [7] encadrant cette méthode donne des principes généraux de son application. Il faut notamment formaliser les objectifs d'évaluation, la ou les unités fonctionnelles répondant à ces objectifs et les périmètres d'inventaires des flux d'intrants et de polluants correspondants. Pour les émissions indirectes de polluants (liées à l'utilisation d'intrants), des données d'activité (flux d'intrants) sont multipliées par des données d'arrière-plan (empreinte environnementale d'une unité d'intrant). Ces données doivent être appropriées et de précision raisonnable par rapport aux objectifs de l'étude. Pour les émissions directes, des modèles d'émission doivent être appliqués pour quantifier les substances émises (substances phytosanitaires, CO₂, N₂O, CH₄, NO₃, particules fines, NO_x, P₂O₅, ETM¹,...). Une fois l'inventaire constitué, une méthode de caractérisation des impacts doit être appliquée : cela consiste en une liste de facteurs multiplicateurs pour chaque substance et chaque indicateur d'impact (Figure 1). Les modèles d'émission et la méthode de caractérisation doivent être valables d'un point de vue scientifique, c'est-à-dire récentes, robustes et reconnues pour l'évaluation environnementale. Tous ces éléments de méthode ainsi que la présentation des résultats doivent être compilés dans un rapport d'ACV transparent et cohérent.

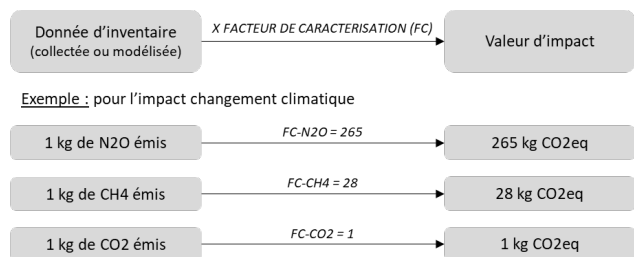


Figure 1. Méthodologie de calcul des impacts en ACV.

Dans le cas de « l'utilisation des résultats de l'ACV à l'appui d'affirmations comparatives destinées à être divulguées au public », la norme indique qu'une revue critique par un ou plusieurs experts externes et indépendants doit être réalisée, « afin de limiter les malentendus possibles ou les effets négatifs sur les parties intéressées extérieures ». Les résultats présentés dans cet article n'ont cependant pas fait encore l'objet de revue critique externe, dans la mesure où l'IFV est un institut de recherche appliqué indépendant, et reste en veille sur les méthodologies les plus récentes par son implication dans les différents réseaux d'experts français (GIS REVALIM, RMT ECOVAL).

2.2. Unité fonctionnelle et périmètre

L'unité fonctionnelle et le périmètre d'inventaire associé étant propres à chaque objectif d'étude, ils sont détaillés ci-après pour chaque projet d'acquisition de références. On distingue les pratiques alternatives aux herbicides, pour

¹ Eléments Trace Métalliques.

lesquelles on a considéré que les alternatives ne modifiaient pas significativement le rendement, des pratiques d'adaptation au changement climatique, pour lesquelles on considère que la mise en place de ces pratiques permet un maintien de rendement ou tout au moins une moindre baisse. Une unité fonctionnelle portant sur l'hectare cultivé a donc été considérée pour les études portant sur les alternatives aux herbicides, alors qu'une unité fonctionnelle portant sur le kg de raisin produit a été considérée pour les pratiques d'adaptation au changement climatique.

2.2.1. Empreinte environnementale de modes d'entretien du sol sur le rang et l'inter-rang en contextes réels bourguignons

L'objectif de cette étude est de comparer les impacts environnementaux de différents modes d'entretien du sol, entendus comme des combinaisons de modes de gestion de l'herbe sous le cavaillon et de modes de gestion de l'herbe sur l'inter-rang [1]. L'unité fonctionnelle retenue est : « gérer la couverture du sol sur le cavaillon et l'inter-rang de la vigne sur une surface de 1 ha pendant 1 an ». Le périmètre d'inventaire couvre donc tous les flux d'intrants et d'émissions pour la gestion de l'herbe de ces deux parties du sol de la parcelle, ainsi que les bénéfices liés à la variation de carbone dans les sols due à l'implantation d'un couvert inter-rang (Figure 2).

2.2.2. Empreinte environnementale de l'entretien du cavaillon – expérimentations de l'acide pélargonique et du désherbage électrique

Cette étude s'est concentrée sur la comparaison des impacts environnementaux de l'entretien du cavaillon [2]. L'unité fonctionnelle retenue est : « désherber le cavaillon de la vigne sur une surface de 1 ha pendant 1 an ». Le périmètre d'inventaire couvre donc tous les flux d'intrants et d'émissions pour la gestion de l'herbe seulement sur le cavaillon : en l'absence de modalité « enherbée » sur le cavaillon, il n'y a aucun flux associé à la variation de carbone dans les sols ni d'émissions azotées dans l'air (Figure 3).

2.2.3. Empreinte environnementale de l'entretien de l'inter-rang – expérimentation de couverts de phytoremédiation

Une étude atypique a eu pour objectif d'évaluer la pertinence environnementale du développement d'une filière de production de biomasse végétale dans les inter-rangs de vignes dans un double objectif de phytoextraction du cuivre dans les parcelles de vigne, et de production de compléments alimentaires enrichis en cuivre destinés à l'alimentation porcine [3].

Pour cela, quatre modalités sont comparées :

- Le témoin 1 implique un désherbage mécanique total de l'inter-rang.

- Le témoin 2 implique la gestion d'un couvert végétal spontané sur les inter-rangs. Ce couvert végétal est géré par de la tonte dont les résidus sont laissés sur place, entraînant une capture de carbone dans le sol et des émissions d'azote.
- La modalité 1 avec phytoremédiation utilisant une plante récoltée entièrement comme la chicorée. La récolte de la plante entière implique une absence de stockage de carbone et d'émissions d'azote. La plante récoltée est transportée et valorisée en alimentation animale sous la forme de complémentation cuprique où elle vient se substituer à du cuivre issu du sulfate de cuivre d'origine minière.
- La modalité 2 avec phytoremédiation consiste en l'implantation d'une plante dont seules les parties aériennes sont récoltées, comme le ray-grass. La récolte des parties aériennes entraîne une phytoextraction du cuivre alors que les parties racinaires laissées en place entraînent de la capture de carbone dans le sol ainsi que des émissions d'azote. La plante récoltée est transportée et valorisée en alimentation animale sous la forme de complémentation cuprique où elle vient se substituer à du cuivre issu du sulfate de cuivre d'origine minière.

L'unité fonctionnelle de cette étude est donc « gérer la couverture du sol sur l'inter-rang sur 1 ha de vigne pendant 1 an », et le périmètre d'inventaire est représenté en Figure 4.

2.2.4. Empreinte environnementale de l'utilisation de filets antigrêle

L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts de la fabrication et de l'utilisation d'un filet antigrêle, et de comparer un système témoin sans filet avec un système équipé de filet, en prenant en compte la moindre perte de rendement mesurée en expérimentation [4]. L'unité fonctionnelle retenue est alors : « produire 1kg de raisin en Beaujolais en contexte d'aléa de grêle ». Le périmètre d'inventaire, présenté en figure 5 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, intègre les flux liés à la fabrication et l'installation du filet, mais aussi les flux liés à la culture de la vigne (même itinéraire technique mis à part quelques trajets sur route de main d'œuvre pour le palissage et les agrafes de relevage) pour prendre en compte les pertes de rendement évitées avec le filet antigrêle.

2.2.5. Empreinte environnementale de l'irrigation

Cette étude a pour objectifs de comparer l'efficacité d'un point de vue environnemental de quatre systèmes d'aspersion (goutte-à-goutte ou aspersion, avec pompe thermique ou pompe électrique dans chaque cas) selon l'unité fonctionnelle « apporter 1 m3 d'eau à la plante » [5], puis de comparer les impacts environnementaux de deux modalités expérimentales, un témoin non irrigué et une modalité irriguée par goutte-à-goutte selon l'unité

fonctionnelle « produire 1 kg de raisin », dans un contexte de stress hydrique faible à modéré (donc sans sur-irrigation, toute l'eau apportée est utilisée par la plante).

Même si tous les indicateurs ACV ont été calculés, l'indicateur central de cette étude est l'empreinte eau. Son calcul consiste en la quantification de l'eau consommée, c'est-à-dire la quantité d'eau prélevée (dite « eau bleue ») qui ne retourne pas au milieu : il s'agit dans ce cas de l'eau évapotranspirée, de l'eau incorporée dans le raisin et de l'eau évaporée par dérive (pour le système d'aspersion uniquement).

Le périmètre d'inventaire considéré pour la comparaison entre système témoin et irrigué (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) intègre la fabrication de tout le système d'irrigation (pompe, réseau de transport, distribution au champ), l'énergie nécessaire pour le faire fonctionner, l'eau évaporée et évapotranspirée ainsi que tous les flux liés à l'itinéraire technique identique entre les deux systèmes, pour tenir compte de la perte de rendement dans le système témoin.

2.2.6. Empreinte environnementale de pratiques œnologiques de correction de la teneur en alcool du vin

Cette étude constitue le seul groupe de pratiques œnologiques innovantes évaluées d'un point de vue environnemental par l'IFV à ce jour. Trois modalités expérimentales sont comparées : un vin témoin, une modalité « désucre par procédé Rédux ® », et une modalité « désalcoolisation par nanofiltration et contacteur à membrane ». L'unité fonctionnelle retenue est « produire 1L de vin conditionné » [6]. Le périmètre d'inventaire intègre donc toutes les étapes de production du vin jusqu'à l'embouteillage (Figure 7). En particulier, tous les flux d'eau, d'énergie et de matériaux pour les procédés supplémentaires au vin témoin sont intégrés dans le périmètre. Les rejets de ces procédés (solution sucrée ou solution d'alcool) ont été considérés dans l'étude comme des pertes (effluents), générant une pollution. On s'attend donc à avoir des impacts supplémentaires pour ces modalités par construction (eau, énergie, matériaux, effluents ainsi que production de raisin et de moût supplémentaires). Une autre option méthodologique pourrait être de les considérer comme coproduit à valoriser, et donc à compter comme impacts évités, mais ces pratiques étant nouvelles, aucune valorisation n'a été identifiée à ce jour.

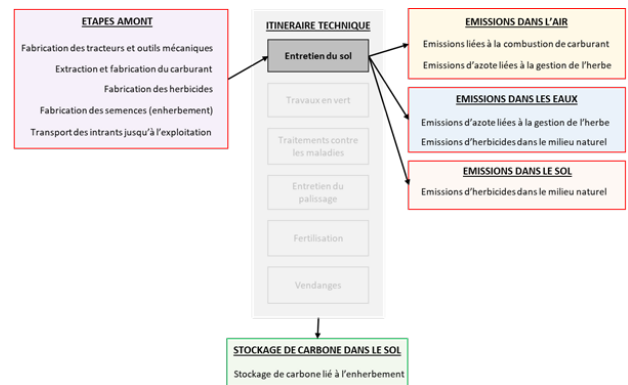


Figure 2. Périmètre d'inventaire de l'étude comparative des modes d'entretien du sol en Bourgogne.

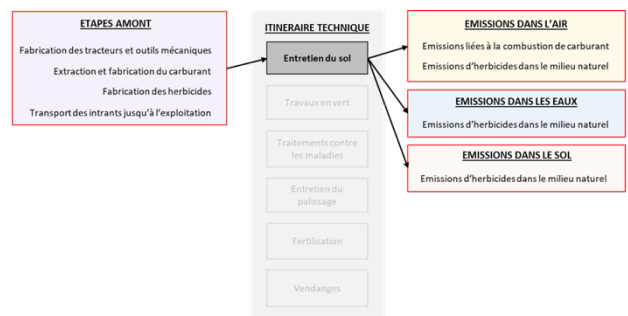


Figure 3. Périmètre d'inventaire de l'étude comparant le désherbage électrique, l'acide pélargonique et un témoin pour la gestion du cavaillon

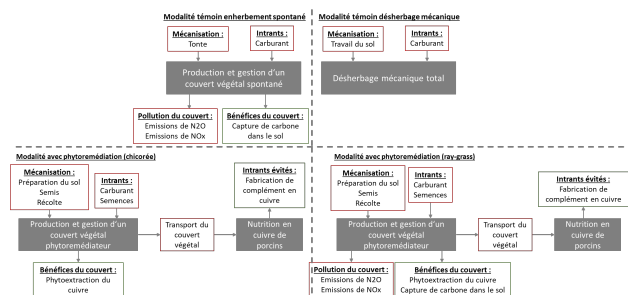


Figure 4. Périmètre d'inventaire de l'étude sur la phytoextraction du cuivre dans l'inter-rang.

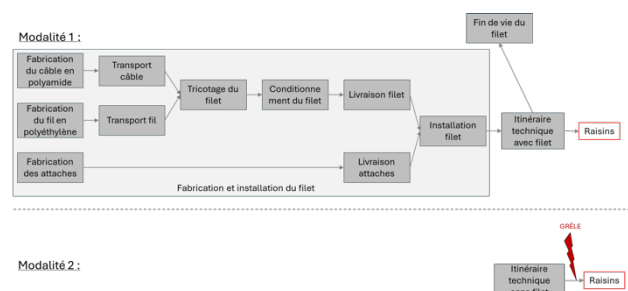


Figure 5. Périmètre d'inventaire pour l'empreinte environnementale de l'utilisation de filets antigrêle

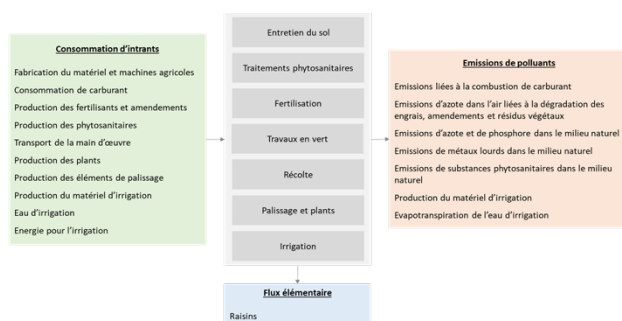


Figure 6. Périmètre d'inventaire pour la comparaison entre système témoin et système irrigué.

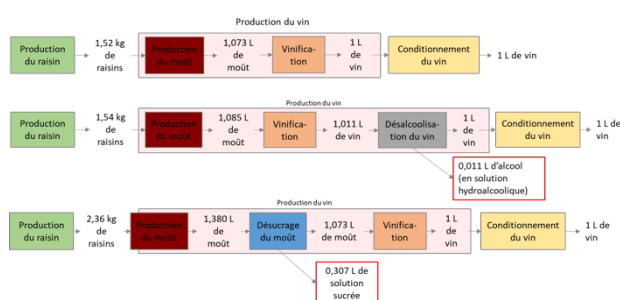


Figure 7. Périmètre d'inventaire pour la comparaison entre vin témoin et vins avec correction partielle d'alcool

2.3. Constitution de l'inventaire

Les études présentées dans cet article sont trop nombreuses pour détailler toutes les données d'inventaire et les hypothèses prises. Les auteurs invitent le lecteur à prendre connaissance de chaque rapport d'étude ACV rédigé par l'IFV selon les normes ISO 14040-14044, et disponible sur demande.

On peut toutefois préciser les principaux points communs ou différences méthodologiques entre ces différentes études, afin d'éviter une comparaison abusive entre références acquises selon différentes méthodologies. En effet, la méthodologie ACV est en constante amélioration au niveau national et international, et l'IFV intègre ses améliorations au fur et à mesure des études qu'il réalise.

Tout d'abord, les données d'arrière-plan proviennent des bases de données EcoInvent® et Agribalyse® dans chaque étude. Cependant, ces bases de données font l'objet de mises à jour régulières, toutes les études présentées dans cet article n'ont pas mobilisé les mêmes versions de base (cf Annexe).

Les données d'activité sont, en fonction des études, des données spécifiques (collecte de données en entreprise ou parcelle expérimentale), des données génériques (bibliographie, statistiques, bases de données) ou des hypothèses. De plus, selon les études, les données d'activité sont pour des régions viticoles, millésimes et densités de plantation différents (cf Annexe).

Les modèles d'émissions directes appliqués pour l'étape viticole sont principalement ceux utilisés pour la base de données Agribalyse® dans toutes les études

présentées ici (Tableau 1). On peut noter l'utilisation du modèle AMG pour l'estimation de la capture de carbone, modèle récemment paramétré pour la vigne [7].

Tableau 1. Modèles d'émission utilisés pour le calcul de l'inventaire agricole.

Type de flux	Modèle associé
Emissions de phosphore et phosphates dans les eaux	SALCA-P [9, 10]
Emissions de métaux lourds dans les eaux et dans les sols	SALCA-ETM [9, 11]
Emissions de substances phytosanitaires dans les eaux et dans les sols	OLCA-Pest default emissions [4]
Emissions de polluants lors de la combustion de carburant	Nemecek et Kägi 2007 [12]
Emissions de NO ₃ ⁻ dans l'eau	SQCB [9]
Emissions de NH ₃ dans l'air liées aux engrais	EMEP/EEA Niveau 2 [9]
Emissions de NOx dans l'air liées aux engrais, résidus et couverts végétaux	IPCC 2019 [9]
Emissions de N ₂ O dans l'air liées aux engrais, résidus et couverts végétaux	IPCC 2019 [9]
Emissions liées au brûlage des sarments ainsi que des souches lors de l'arrachage	IPCC 2006 et EMEP/EEA 2019 [13]
Variation du stock de Corg du sol	AMG [14, 15]

2.4. Calcul des indicateurs d'impact

La méthode de caractérisation des impacts appliquée est celle construite par le JRC et recommandée par la Commission européenne [8]. Sa version diffère selon les études en fonction de leur période de réalisation (Tableau 2). Les résultats en termes d'impacts peuvent fortement varier d'une version à une autre pour un même inventaire de cycle de vie. Par exemple, l'écotoxicité du cuivre dans la méthode Environmental Footprint 3.1 (EF 3.1) est bien plus faible que dans les méthodes EF 3.0 et ILCD.

Tableau 2. Méthode de caractérisation appliquée par étude.

Etude ACV	Version de la méthode de caractérisation européenne		
	ILCD	EF 3.0	EF 3.1
Modes d'entretien du sol en Bourgogne	X		
Désherbage électrique et acide pélagronique			X
Phytoremédiation			X
Irrigation			X
Filets antigrêle			X
Correction de la teneur en alcool		X	

3. Résultats

Chaque résultat présenté ici n'est pas discuté en détail. Comme pour la méthodologie, le lecteur est invité à prendre connaissance de chaque rapport d'étude.

3.1. Empreinte environnementale de modes d'entretien du sol sur le rang et l'inter-rang en contextes réels ou expérimentaux

3.1.1. Pratiques d'entretien du sol en contextes réels bourguignons

Seuls les résultats d'empreinte carbone et d'écotoxicité eau douce des différentes modalités d'entretien du sol (regroupement des 26 parcelles en 5 modalités selon le mode d'entretien de l'inter-rang, en moyennant les pratiques d'entretien du cavaillon) sont présentés ici [1]. Sur la figure 8, on voit que les émissions de gaz à effet de serre sont les plus faibles pour le désherbage chimique, et les plus élevées pour des couverts temporaires (consommation de carburant et émissions azotées du couvert végétal). Cependant, plus la production de biomasse augmente avec la surface enherbée et sa productivité (couverts temporaires considérés plus productifs), plus le stockage de carbone dans le sol augmente. Le point noir matérialise l'empreinte carbone nette (émissions – stockage), qui se retrouve être du même ordre de grandeur entre désherbage chimique et enherbement semé de l'inter-rang.

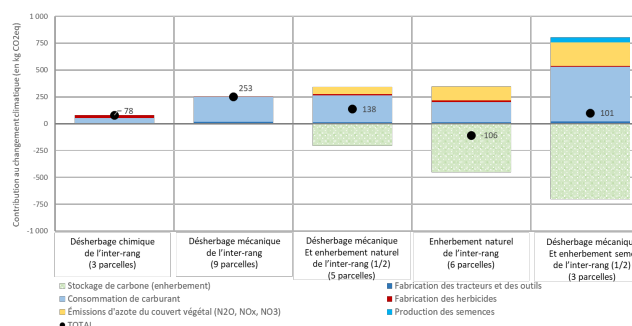


Figure 8. Résultats d'empreinte carbone pour la comparaison des modes d'entretien du sol en Bourgogne.

Parallèlement, la figure 9 montre une écotoxicité bien plus importante pour la modalité désherbage chimique de l'inter-rang par rapport aux autres modalités. Ce résultat s'explique par l'utilisation de flumioxazine dans les itinéraires enquêtés, substance très écotoxique utilisée en substitution du glyphosate. A noter tout de même l'écotoxicité non négligeable des semences d'enherbement.

Ces résultats vont donc dans le sens des alternatives aux herbicides avec couverts végétaux, qui permettent de stocker du carbone tout en réduisant l'écotoxicité des itinéraires.

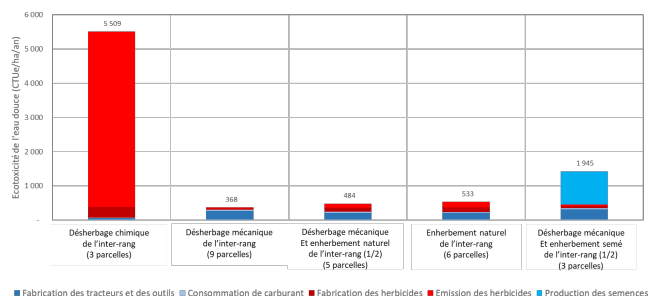


Figure 9. Résultats de l'indicateur Ecotoxicité eau douce pour la comparaison des modes d'entretien du sol en Bourgogne.

3.1.2. Expérimentations de l'acide pélagronique et du désherbage électrique

Sur l'indicateur empreinte carbone, les résultats de cette étude centrée sur le cavaillon montrent que l'acide pélagronique (89 kgCO₂e/ha/an) a un plus fort impact que les herbicides de synthèse (24,6 kgCO₂e/ha/an), mais plus faible que le désherbage mécanique (106 kgCO₂e/ha/an) et le désherbage électrique (166 kgCO₂e/ha/an), solution la plus utilisatrice de carburant [2].

Sur l'ensemble des indicateurs d'impact (Figure 10), on remarque que les modalités les plus impactantes sont toujours, soit le désherbage électrique, soit le désherbage à l'acide pélagronique. Pour ce dernier, cela s'explique par les quantités importantes de la substance appliquée (environ 10 kg/passage), elle-même provenant d'un produit issu de l'agriculture (huile de colza).

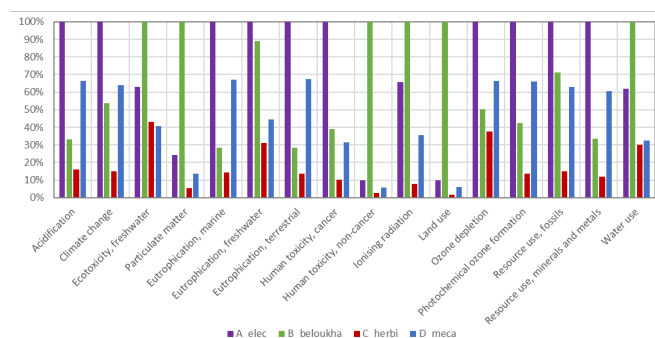


Figure 10. Résultats multi-indicateurs comparant l'acide pélagronique, le désherbage électrique et témoins.

3.1.3. Expérimentation de couverts de phytoremédiation

La figure 11 présente les résultats de cette ACV sous la forme d'un score unique, agréant tous les indicateurs d'impact selon la méthode EF 3.1. On voit que toutes les modalités témoin ont un score unique plus faible que les modalités avec phytoremédiation [3]. Cela s'explique par une mécanisation plus importante de la vigne et des impacts lors du transport des couverts exportés. On voit également sur les modalités phytoremédiation que la fabrication évitée du complément en cuivre ne compense pas ces émissions supplémentaires. Enfin, cette extraction de cuivre en conditions expérimentales in situ (7,8 g/ha/an pour le ray grass, 18 g/ha/an pour la chicorée) serait à

optimiser, car bien plus faible que la valeur obtenue en laboratoire (471 g/ha/an).

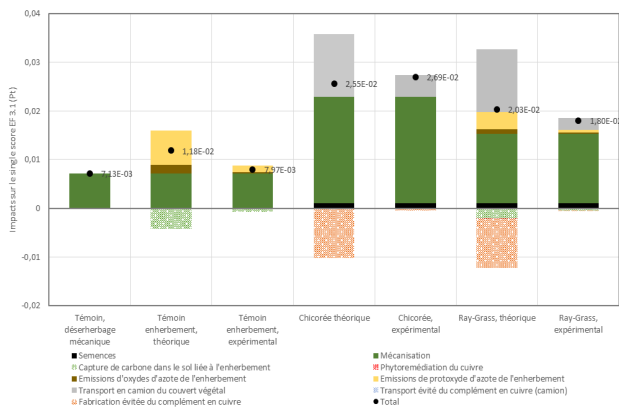


Figure 11. Résultats du score unique calculé pour comparer des modalités de phyto-extraction du cuivre et des modalités témoin.

3.1.4. Expérimentation de l'utilisation de filets antigrêle

Les résultats pour une hypothèse de durée de vie du filet de 20 ans montrent tout d'abord que la modalité avec filet antigrêle a des impacts toujours supérieurs à la modalité sans filet, dans un cas où il n'y a jamais de grêle, avec un écart de l'ordre de 0 à +12% selon les indicateurs [4]. En effet, les inventaires de cycle de vie sont identiques entre les modalités, sauf la fabrication et la pose du filet. En revanche, dans le cas d'une parcelle où la fréquence de grêle et l'intensité des dégâts est d'une grêle tous les 5 ans avec 50% de pertes (soit une perte annuelle moyenne de 10%), la modalité avec filet a des impacts toujours inférieurs à la modalité sans filet (sauf pour l'indicateur radiations ionisantes), avec un écart de l'ordre de 0 à -10%.

La durée de vie du filet et le taux de perte moyen annuel due à la grêle sont donc des paramètres clés pour déterminer dans quels cas l'utilisation de filets présente ou non une plus-value environnementale. Une analyse de sensibilité a été réalisée pour répondre à cette question (cf 3.2.2).

Il faut rappeler que ces résultats ont été calculés pour l'unité fonctionnelle « produire 1L de vin ». Si l'on regarde les impacts à l'hectare, les impacts sont tous plus importants pour la modalité avec filet.

3.1.5. Expérimentations de l'irrigation

Les résultats d'expérimentation montrent une perte de rendement de 34% pour la modalité témoin par rapport à la modalité irriguée [5]. Par ailleurs, le fait d'irriguer augmente très peu les impacts à l'hectare sur la majorité des indicateurs, sauf l'empreinte eau et les radiations ionisantes. Ainsi, la modalité irriguée présente, pour l'unité fonctionnelle « produire 1 kg de raisin », des impacts plus faibles (entre -25 et -50%) que ceux de la modalité témoin, sauf pour les indicateurs empreinte eau et radiations ionisantes (Figure 12). En effet, la consommation d'eau pour l'irrigation est le poste largement majoritaire de la modalité irriguée, loin devant la consommation d'eau des postes Production des engrais

et amendements, Production des éléments de palissage et Production des plants de vigne. Il en résulte que la modalité témoin a une empreinte eau 70% moindre que la modalité irriguée, ou vu autrement, l'irrigation augmente de 245 % l'empreinte eau de la modalité irriguée par rapport à la modalité témoin.

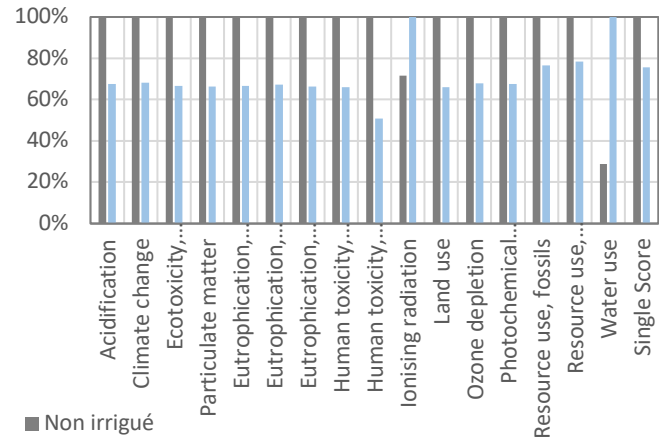


Figure 12. Résultats multi-indicateurs comparant une vigne irriguée et une vigne non irriguée

3.1.6. Expérimentations de correction de la teneur en alcool du vin

L'étude montre que l'impact des seuls processus physiques (désucrage et désalcoolisation) est faible pour tous les indicateurs, sauf pour l'indicateur Radiations ionisantes, du fait de la consommation d'électricité supplémentaire pour ces opérations [6]. On observe néanmoins une différence d'impact relativement importante de ces modalités par rapport au témoin au niveau du produit fini, que l'on explique par la prise en compte des pertes dans le calcul d'impact (poste en noir sur la figure 13, pour l'indicateur Empreinte carbone en exemple). Cet écart est notamment important pour le vin désucré pour lequel on a une perte en moût de l'ordre de 20% et pour lequel l'impact est jusqu'à 20% supérieur au vin témoin. La modalité « désalcoolisation » présente en revanche des écarts faibles avec la modalité témoin pour tous les indicateurs (volumes perdus bien plus faibles), sauf pour l'indicateur Radiations ionisantes (écart de 5%).

Ces résultats sont valables pour un scénario où les pertes des procédés de correction de la teneur en alcool partent dans les eaux usées. Une première évaluation d'un autre scénario où ces pertes seraient réutilisées dans le cycle de vie du vin a été réalisée : le moût sucré a été considéré comme réincorporé dans une autre cuve, on considère donc au global qu'il n'y a plus de pertes de moût. Cette évaluation a montré que les impacts présentent un écart très faible entre les trois modalités, et confirment qu'une réutilisation des pertes est un fort levier de réduction des impacts de ces pratiques.

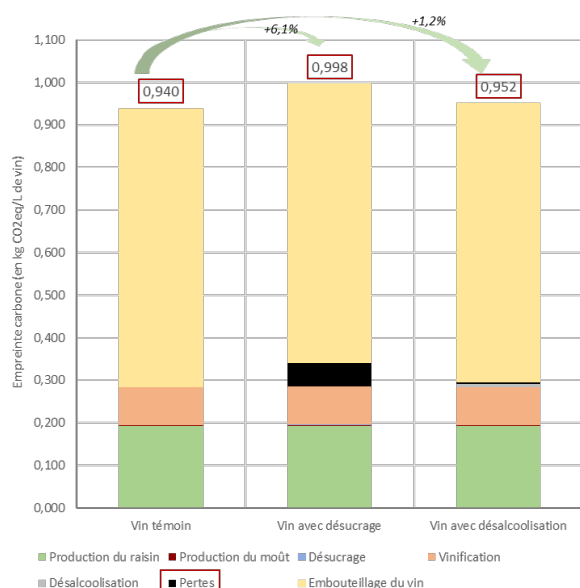


Figure 13. Résultats d’empreinte carbone de la comparaison entre correction partielle de la teneur en alcool du vin et un témoin.

3.2. Importance de l’analyse de sensibilité dans une étude ACV de pratiques vitivinicoles

Une étude ACV nécessite beaucoup de données, et certaines d’entre elles peuvent ne pas être connues au moment de l’étude (ex : durée de vie d’un équipement) ou très variables en fonction des années ou contextes pédoclimatiques (ex : production de biomasse d’enherbement). Des hypothèses sont donc prises pour ces données afin de pouvoir conduire l’étude et permettre des premières comparaisons d’impacts. Il est cependant nécessaire de garder un regard critique sur ces premiers résultats, et de conduire des analyses de sensibilité des résultats aux données mal connues. Deux exemples d’analyses de sensibilité sont présentés ici.

3.2.1. Sensibilité de l’empreinte carbone des pratiques d’entretien du sol à différents niveaux de pousse d’herbe

Dans le cadre de l’étude sur les modes d’entretien du sol en Bourgogne, les résultats d’empreinte carbone présentés en figure 14 sont des moyennes d’itinéraires techniques réels regroupés en cas-types. De plus, les vignerons ne connaissant pas la quantité de biomasse d’enherbement produite sur leurs parcelles, une même hypothèse a été posée pour toutes les parcelles (1,5 tMS/ha/an pour l’enherbement naturel, 2,5 tMS/ha/an pour les couverts annuels, biomasse aérienne uniquement dans les deux cas et pour 100% de la surface enherbée).

Ainsi, pour tester la sensibilité des résultats à cette hypothèse, des itinéraires techniques théoriques ont été construits à partir de la bibliographie et de la collecte de données [1]. Des résultats d’empreinte carbone ont alors été obtenus pour trois niveaux de pousse de l’enherbement permanent : 0,8 ; 1,5 et 3 tMS/ha/an (Figure 14).

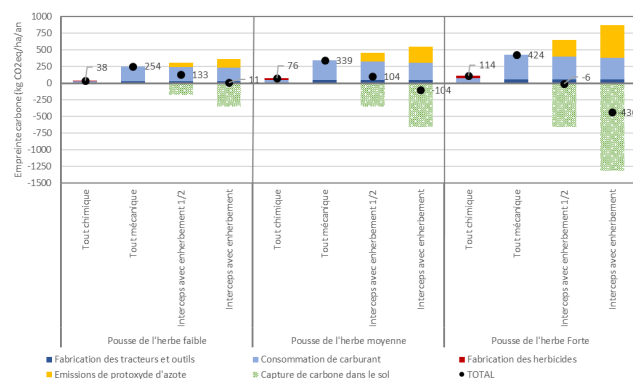


Figure 14. Analyse de sensibilité de l’empreinte carbone de mode de conduite d’entretien du sol à la production de biomasse d’enherbement en vignes larges.

Ces résultats montrent que le bilan de l’enherbement est positif (capture de carbone supérieure aux émissions de N₂O). Ce bilan est d’autant plus positif que la pousse de l’herbe est importante et que la densité de plantation est faible.

Dans le cas d’un enherbement semé, on pourra optimiser ce rapport en augmentant la quantité de biomasse produite, et en misant sur des couverts végétaux à rapport C/N important, favorisant le stockage de carbone et limitant les émissions d’azote.

3.2.2. Sensibilité de l’empreinte carbone des filets anti-grêle au niveau de dégât de la grêle, sa fréquence et de la durée de vie du filet

Une analyse de sensibilité a été réalisée pour les modalités « avec filet » et « sans filet antigrêle », en faisant varier le taux de perte de récolte moyenne annuelle, qui intègre le niveau de dégât de la grêle et sa fréquence sur la durée de vie du filet [4]. Pour la modalité « avec filet », les résultats ont été produits pour deux valeurs de durée de vie des filets (10 et 20 ans). On peut ainsi trouver la valeur seuil de taux de perte à partir de laquelle la modalité non protégée est plus impactante que la modalité protégée par un filet anti-grêle. Il s’agit alors du seuil de perte à partir duquel le filet est « rentabilisé » sur le plan environnemental. Ce calcul doit être réalisé indicateur par indicateur, il est présenté pour l’empreinte carbone en figure 15. On remarque alors qu’à partir de 4% de perte annuelle moyenne sur 20 ans (soit environ 1 grêle à 50% tous les 10 ans), le filet anti-grêle est rentabilisé sur le plan de l’empreinte carbone (intersection entre la droite orange et la droite bleue).

Une diminution de la durée de vie du filet entraîne une augmentation des impacts annuels par raccourcissement de la durée d’amortissement, et donc une augmentation des impacts ramenés au litre de vin produit. Le seuil de rentabilité environnementale des filets passe de 4% à 9% pour l’empreinte carbone pour une durée de vie de 10 ans.

Cependant, pour compenser ces impacts sur l’ensemble des indicateurs, il faut atteindre un niveau de perte annuelle de 12,7% en moyenne sur 20 ans, soit attendre une grêle à 50% de dégâts tous les 4 ans.

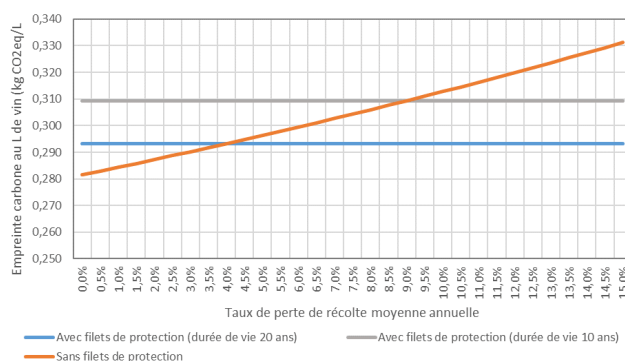


Figure 15. Analyse de sensibilité de l'empreinte carbone de mode de conduite d'entretien du sol à la production de biomasse d'enherbement en vignes larges.

4. Implémentation des références dans l'outil de diagnostic carbone simplifié GES&Vit

Ces études ont été réalisées à partir de données issues cas réels ou d'expérimentations. Bien qu'une représentativité des pratiques ait été recherchée, il s'agit à chaque fois d'itinéraires techniques particuliers. En parallèle de ces études permettant de dresser des premières conclusions, l'IFV construit un outil de calcul simplifié pour personnaliser les données et tester une multitude d'itinéraires techniques, que ce soit pour des pratiques bien répandues ou innovantes.

L'outil GES&Vit, créé par l'IFV et disponible sous conditions de licence depuis 2022, est centré sur le calcul de l'empreinte carbone et uniquement l'étape viticole [16]. Il s'agit d'une première étape en ce sens. Toutes les pratiques vitivinicoles ne peuvent pour l'instant pas être évaluées dans cet outil : la première version intègre des pratiques pour lesquelles l'IFV avait déjà des références.

Ainsi, les études présentées dans cet article sont l'occasion pour l'IFV d'acquérir des références sur des pratiques innovantes : consommation de carburant par le désherbage électrique, inventaire de cycle de vie de la fabrication de l'acide pélargonique ou d'un filet antigrêle, taux de perte d'un procédé de désucrage, etc. L'intégration de ces pratiques dans GES&Vit se fera ensuite au fur et à mesure de son développement.

5. Conclusion

Cette présentation de six études ACV sur des pratiques vitivinicoles variées met d'abord en lumière les différentes questions méthodologiques à se poser lorsque qu'on applique la méthode ACV pour évaluer la plus-value environnementale d'une pratique vitivinicole : choix de l'unité fonctionnelle, du périmètre d'inventaire, des hypothèses sur certaines données mal connues, réalisation d'une analyse de sensibilité sur ces données faisant l'objet d'hypothèses.

D'autre part, les résultats de ces différentes études montrent bien l'importance d'une méthode d'évaluation multicritère, afin de ne pas conclure de manière biaisée sur les pratiques vitivinicoles les moins impactantes, et éviter

des déplacements de pollution en substituant une pratique par une autre.

Cet article donne également à voir l'intérêt de réaliser des études personnalisées à chaque contexte de production en utilisant un outil de calcul simplifié, et montre le lien entre ces études ACV ponctuelles et l'amélioration continue d'outils de calcul.

Au-delà des études présentées ici, d'autres sont en cours d'évaluation par l'IFV : traction équine, écopâturage, paillis,...

6. Remerciements

Les auteurs remercient les différents co-financeurs des études présentées dans cet article :

- le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne pour l'étude sur les modes d'entretien du sol en Bourgogne (projet MOSGA)
- FranceAgriMer et la Région Occitanie pour l'étude sur l'acide pélargonique et le désherbage électrique (projet SOLIVITI)
- l'ADEME pour l'étude sur la phyto-extraction du cuivre dans les sols viticoles (projet VITALICUIVRE)
- la Région Auvergne Rhône-Alpes pour les études filets antigrêle et irrigation (projet ONAURAVITCHAU)
- la Région Pays de la Loire et l'interprofession des vins du Val de Loire (InterLoire) pour l'étude sur la correction partielle de la teneur en alcool des vins (projet ADACLIM).

7. Références

1. H. Luzi, Projet MOSGA - Bilan carbone et analyse de cycle de vie d'itinéraires techniques viticoles d'entretien du sol. Comparaison de modalités d'entretien du sol (2022). Non publié, disponible sur demande.
2. H. Luzi, Projet SOLIVITI – Volet évaluation environnementale : empreinte carbone et analyse de cycle de vie d'itinéraires techniques de désherbage (2023). Non publié, disponible sur demande.
3. H. Luzi, Projet Vitalicuire – Volet évaluation environnementale de méthodes de phytoremédiation en cuivre des parcelles viticoles (2024). Non publié, disponible sur demande.
4. H. Luzi, Projet OnAuraVitChau – Impact environnemental par analyse de cycle de vie et étude économique de la fabrication et l'utilisation de filets de protection contre la grêle au vignoble (2023). Non publié, disponible sur demande.
5. H. Luzi, Projet OnAuraVitChau – Impact environnemental par analyse de cycle de vie et étude économique de l'irrigation au vignoble (2023). Non publié, disponible sur demande.

6. H. Luzi, Projet ADACLIM – Volet évaluation environnementale : empreinte carbone et analyse de cycle de vie de processus physiques de réduction de la teneur en alcool des vins au chai (2023). Non publié, disponible sur demande.
7. AFNOR, Analyse du cycle de vie – La série des normes ISO 14 040 (2012).
8. R. Pant, L. Zampori, European Commission, Joint Research Centre, Suggestions for updating the product environmental footprint (PEF) method (2019).
9. P. Koch, T. Salou, AGRIBALYSE Rapport méthodologique, volet agriculture - Version 3.1 (2022).
10. V. Prahsun, Erfassung der PO4-Austräge für die Ökobilanzierung (2006).
11. R. Freiermuth, Modell zur Berechnung der Schwermetallflüsse in der Landwirtschaftlichen Ökobilanz (2006).
12. T. Nemecek, A. Antón, C. Basset-Mens, C. Gentil-Sergent, C. Renaud-Gentié, C. Melero, P. Naviaux, N. Peña, P. Roux, P. Fantke, *Int J Life Cycle Assess* 27, 527 (2022).
13. CITEPA, Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France: OMINEA - 19e édition (2022).
14. A. Andriulo, B. Mary, J. Guerif, Model description and environmental functions and parameters used in AMGv2 (2019).
15. J.-Y. Cahurel, A. Deligey, J.-C. Mouny, A. Duparque, Projet OAD MO - Compte rendu technique du projet: 2- La modélisation et ses développements (2020).
16. Page internet de présentation de GES&Vit : <https://www.vignevin.com/article/outil-devaluation-de-lempreinte-carbone-des-exploitations/>

8. Annexes

Versions des bases de données utilisées dans les études présentées :

Versions des bases de données utilisées	Modes d'entretien du sol dans cas réels (chimique, mécanique, couverts)	Désherbage électrique et acide pélargonique	Phyto remédiation	Irrigation	Filets antigrêle	Correction de la teneur en alcool
EcoInvent 3.5						X
EcoInvent 3.6	X					
EcoInvent 3.8		X	X	X	X	
EcoInvent 3.9.1						
Agribalyse 3.0	X					X
Agribalyse 3.1		X	X	X	X	

Données de contexte des systèmes viticoles évalués dans les études présentées :

Données de contexte	Modes d'entretien du sol dans cas réels (chimique, mécanique, couverts)	Désherbage électrique et acide pélargonique	Phyto remédiation	Irrigation	Filets antigrêle
Situation géographique des parcelles de vignes étudiées	Bourgogne	Sud-ouest	Val de Loire	Drôme	Beaujolais
Densité de plantation	Vignes larges et vignes étroites	4500 pieds/ha	6250 pieds/ha	4000 pieds/ha	5000 pieds/ha
Année(s) du (des) millésime(s) étudié(s)	2020	2021, 2022, 2023	2022 pour le ray-grass, 2023 pour enherbement spontané et chicorée	2020	2023