

Evaluation des émissions de gaz à effet de serre des pratiques viticoles à l'échelle de la parcelle

Introduction

Le changement climatique met la viticulture face à deux défis majeurs : adapter les pratiques tout en atténuant les effets sur le changement climatique. La prise en compte de ces deux objectifs, visant à employer des itinéraires techniques annuels peu émetteurs en gaz à effet de serre (GES) et adaptés au nouveau contexte climatique, est donc primordiale. Cette problématique a été mise en avant dans le projet européen LIFE-ADVICLIM (2014-2020).

En caractérisant actuellement et dans le futur la variabilité climatique et son impact sur le développement de la vigne à l'échelle de 5 vignobles européens, ce projet a défini des stratégies d'adaptation de la viticulture au changement climatique en fonction de différents scénarios climatiques. Les résultats de ce projet permettent de guider les viticulteurs dans le pilotage de leur vignoble, notamment en termes de choix du matériel végétal (porte-greffe, cépage), de systèmes de conduite et de date de récolte.

Pour compléter ces scénarios, une analyse des émissions de gaz à effet de serre par pratique viticole a été réalisée afin de définir des leviers d'adaptations adaptés sur chacun des vignobles européens. Les objectifs sont les suivants :

- Identifier les itinéraires viticoles les plus émetteurs de GES et les interventions produisant fréquemment des émissions de GES élevées ;
- Identifier la proportion d'émissions émises directement à la parcelle sur lesquelles le vigneron peut agir par rapport aux émissions indirectes correspondant à l'extraction de la matière première ou encore à la fabrication des outils ;
- Identifier et caractériser les facteurs explicatifs des émissions ;
- Comparer les émissions de GES sur un panel de parcelles différentes ainsi qu'entre différents millésimes.

Cette évaluation des émissions de GES a donc pour objectif d'informer les viticulteurs sur l'impact environnemental de leurs pratiques à l'échelle de la parcelle et de leur apporter des éléments pour mettre en place des stratégies d'atténuation. Ce travail vient compléter les résultats des bilans carbone réalisés par le CIVB sur l'ensemble des activités de la filière vigne et vin pour les vignobles Bordelais (Cahier technique CIVB, 2018).

Méthodologie

1. Principe de l'évaluation de l'empreinte carbone

Les émissions de GES ont été estimées selon la méthode de l'empreinte carbone, qui suit une pensée cycle de vie et constitue l'un des indicateurs de la méthode multicritère de l'Analyse de Cycle de Vie. Cette approche présente l'intérêt d'intégrer toutes les émissions générées au cours des différentes étapes du cycle de vie d'un produit : extraction des matières premières, fabrication des intrants, transport, production de l'objet/du service étudié, fin de vie.

La démarche se décompose en 4 étapes : définition des objectifs de l'étude, inventaire des émissions sur le cycle de vie, calcul des impacts et interprétation.

L'étape d'inventaire des émissions s'appuie sur une collecte de données des intrants et sortants du système viticole, et sur des bases de données utilisées par toute la communauté scientifique exerçant dans le domaine de l'Analyse de Cycle de Vie, qui permettent de transformer ces intrants et sortants en quantités de gaz à effet de serre émis.

De manière générale, les principaux gaz à effet de serre sont : le dioxyde de carbone (CO_2), le protoxyde d'azote (N_2O) et le méthane (CH_4). Chaque gaz présente un pouvoir radiatif (= « pouvoir réchauffant ») différent. Une fois les émissions inventoriées, l'indicateur de l'empreinte carbone agrège donc toutes ces émissions en pondérant par le pouvoir radiatif de chaque gaz, afin d'exprimer l'empreinte carbone en kg équivalent CO_2 (étape de calcul des impacts).

2. Application dans le projet LIFE-ADVCLIM (2014-2020)

La méthode de l'empreinte carbone peut être appliquée à différentes échelles : filière, territoire, exploitation viticole, parcelle, intervention viticole. Des travaux existent déjà sur l'empreinte carbone viticole. Les travaux de l'IFV dans le cadre du projet européen LIFE-ADVCLIM (2014-2020) ont permis d'apporter de nouveaux éléments en terme de variabilité des émissions par type d'intervention viticole et de la part d'émissions directes/indirectes. Du fait de la finesse de l'estimation visée, les flux d'intrants tels que la consommation de diesel au champ n'ont pas été calculés à partir de données globales (factures à l'échelle de l'exploitation), mais ont été modélisés à partir de données précises sur les itinéraires techniques (puissance du moteur, taux de charge des outils, débit de chantier, nombre de passages).

Il est à noter que ces résultats ne prennent pas en compte des émissions de protoxyde d'azote (N_2O), liées à l'application d'engrais et de fumier, par manque d'information sur la fréquence interannuelle d'épandage pour chaque parcelle. Il s'agit d'un gaz à effet de serre avec un pouvoir radiatif élevé (265 fois plus réchauffant que le CO_2). De même, le stockage de carbone biogénique (fixé par la vigne et l'enherbement) ne sont pas pris en compte dans le bilan, étant donné les fortes incertitudes sur le taux de stockage effectif. En effet, le stockage de carbone fait partie d'un processus dynamique, avec des flux de stockage mais aussi de déstockage. L'étude s'est concentrée sur les émissions de carbone provenant de ressources fossiles.

Les émissions des GES ont été estimées à l'échelle de la parcelle viticole. Pour cela, les émissions de chaque pratique annuelle ont été estimées puis agrégées en 10 catégories d'activité viticole (Tableau

1). Ce mode d'agrégation permet de répondre au premier objectif de l'étude, c'est-à-dire d'identifier les pratiques les plus émettrices en GES.

Catégories d'activité viticole	Pratiques viticoles
Taille	Taille hivernale – Tirage des bois – Gestion des sarments- Pliage
Complantation	Arrachage des pieds – plantation de jeunes pieds
Entretien du palissage	Retirer / Réinstaller des piquets de palissage
Gestion du sol	Tonte – Travail de l'inter-rang – Travail sous le rang – Désherbage chimique
Gestion des maladies et des nuisibles	Traitements
Vendanges	Vendanges dans la parcelle (manuelles / mécaniques)
Travaux en vert	Epamprage – Ebourgeonnage- Levage – Effeillage - Rognage
Transport	Distance entre le Château viticole et la parcelle
Fertilisation	Engrais

Tableau 1 : Catégorisation des pratiques viticoles en 10 activités

Pour chaque parcelle, la distinction est ensuite faite entre :

- les émissions directes : elles incluent les quantités de CO₂ directement émises à l'étape de production viticole par combustion du carburant ;

- les émissions indirectes : elles incluent les émissions de GES produites lors des autres étapes du cycle de vie, notamment : l'extraction des matières premières, la fabrication des composants (outils, intrants, équipements) et leur transport jusqu'au domaine viticole. Ces émissions proviennent de la fabrication des produits phytosanitaires, du carburant, des outils et de l'équipement de palissage.

Cette distinction permet de répondre au deuxième objectif de l'étude, c'est-à-dire d'identifier la proportion d'émissions indirectes par rapport à la proportion d'émissions directes de la parcelle, sur lesquelles les vigneron peuvent intervenir.

3. Un échantillon de 15 parcelles

Les résultats présentés dans cet article correspondent au site pilote de Bordeaux, regroupant les appellations de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites. Sur ce site d'étude, un échantillon de quinze parcelles a été constitué, représentatif des types de sol, des appellations, de la taille des exploitations et des différents systèmes de conduite. Toutes les parcelles échantillonnées sont plantées en Merlot et équipées d'un système de palissage classique. L'échantillonnage varie en terme de :

- Quantité de travail manuel / travail mécanique
- Puissance motrice des outils motorisés
- Type d'entretien du sol (enherbé / travaillé)

Des enquêtes ont été menées auprès de ces 13 exploitations viticoles afin de collecter des données sur les pratiques et le matériel utilisé durant les années 2016, 2017 et 2018 à l'échelle de la parcelle étudiée. Deux parcelles ont été sélectionnées sur deux exploitations viticoles pour pouvoir comparer différents itinéraires techniques réalisés avec du matériel identique. De ce fait, une comparaison de la

quantité d'émissions de GES entre une parcelle avec un inter-rang travaillé et une seconde avec un inter-rang enherbé a pu être réalisée.

Les itinéraires techniques, le matériel et le nombre de jours d'intervention pour chaque parcelle peuvent varier selon les années (Tableau 2). Les deux activités viticoles les plus fréquentes sur une année sont les opérations de gestion des maladies et des nuisibles, et d'entretien du sol. Les temps de travaux, correspondant au temps passé par hectare pour réaliser une intervention à la parcelle est sensiblement identique entre toutes les parcelles. Quelques différences sont à noter pour l'entretien du sol, comme la tonte, le travail du sol, en fonction des différents types d'entretien du sol (parcelle enherbée / travaillée 1 rang sur 2).

	Entretien du sol	Engin de pulvérisation	Type de vendanges	Remarques
Parcelle 102	Enherbée	Porteur multi-fonction	Mécaniques	Parcelle gelée en 2017
Parcelle 83	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang / Porteur multi fonction	Manuelles	Utilisation d'un porteur multifonction à partir de 2017 (traitements)
Parcelle 232	Enherbée	Porteur multi-fonction	Manuelles	
Parcelle 242	Travaillée	Porteur multi-fonction	Manuelles	
Parcelle 14	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang	Manuelles	Parcelle touchée par le mildiou en 2018
Parcelle 106	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang	Mécaniques / Manuelles	Parcelle gelée en 2017 – Passage en vendange manuelle en 2018
Parcelle 15	1 rang sur 2	Porteur multifonction	Mécaniques	Parcelle gelée en 2017
Parcelle 78	Enherbée	Tracteur inter-rang	Manuelles	
Parcelle 9	Enherbée	Tracteur inter-rang	Mécaniques / Manuelles	Passage en vendange manuelle en 2018
Parcelle 32	Enherbée	Tracteur inter-rang	Mécaniques	Parcelle gelée en 2017
Parcelle 1	Travaillée	Tracteur inter-rang	Manuelles	
Parcelle 70	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang	Manuelles	
Parcelle 90	Enherbée	Tracteur inter-rang / Porteur multi fonction	Manuelles / Mécaniques	Utilisation d'un porteur multifonction à partir de 2017 (traitements) et d'une MAV à partir de 2018
Parcelle 55	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang	Mécaniques	Parcelle gelée en 2017
Parcelle 552	1 rang sur 2	Tracteur inter-rang	Mécaniques	Parcelle gelée en 2017

Tableau 2 : Caractéristiques techniques des 15 parcelles

Les temps de travaux, les modèles d'outils ou encore les intrants sont des exemples de variables prises en compte. Lorsque les données ne pouvaient pas être obtenues avec précision (durée de vie du matériel, temps de travail) elles ont été obtenues à travers des références bibliographiques (Roby et al, 2008) et des revues techniques.

Résultats

1. Les émissions par pratiques

1.1 Les pratiques les plus émettrices

Les résultats présentés dans la Figure 1 comparent les émissions de GES pour chaque exploitation durant les années 2016, 2017 et 2018. Elles sont exprimées en quantités de gaz à effet de serre émis par hectare sur une année (unité : kg équivalent CO₂/ha/ an).

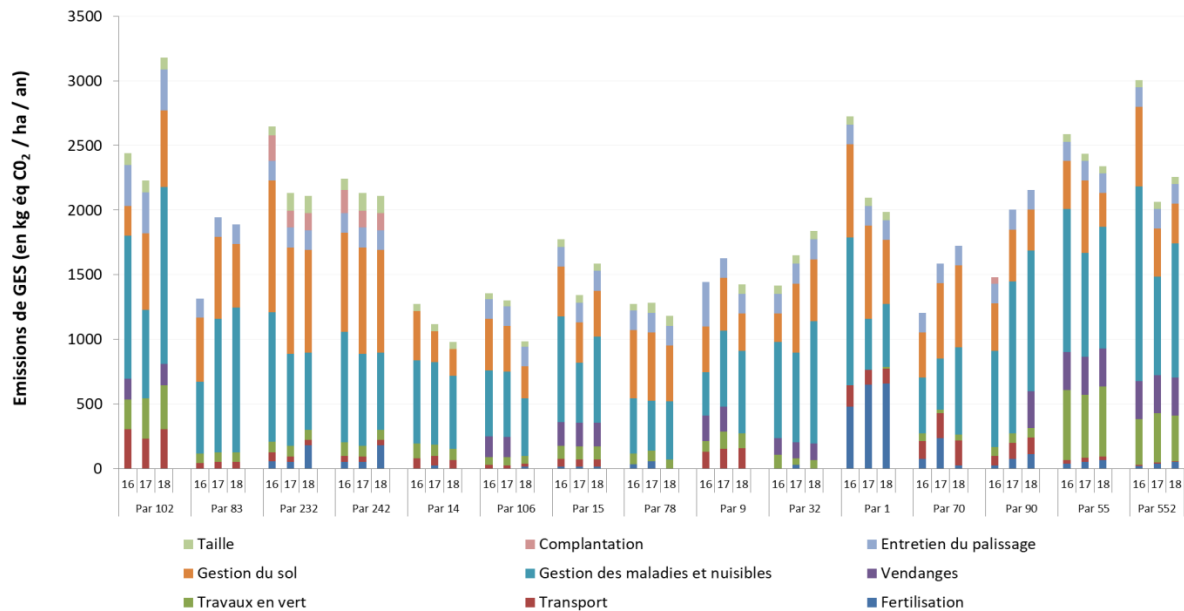


Figure 1 : Emissions de gaz à effet de serre par parcelle et par type d'intervention pour les années 2016, 2017 et 2018 (émissions directes et indirectes confondues)

Les émissions totales de gaz à effet de serre (directes + indirectes) sont effectivement très variables d'une parcelle à l'autre : elles sont comprises entre 980 et 3180 kg éq. CO₂/ha/an, pour une moyenne de 1841 kg éq. CO₂/ha/an, soit environ 9 allers-retours Lyon-Bordeaux en voiture de type SUV.

Pour l'ensemble des parcelles, les émissions majoritaires sont issues de deux pratiques viticoles motorisées, la gestion des maladies et nuisibles et la gestion du sol, qui représentent respectivement en moyenne 30 % et 20 % des émissions totales. On note toutefois une large variabilité des émissions entre les parcelles au sein de ces activités viticoles. Les émissions des GES varient en effet de 14 à 62% des émissions totales par parcelle pour la gestion des maladies et des nuisibles, et de 8 à 42 % des émissions totales par parcelle pour la gestion du sol.

1.2. Les facteurs explicatifs des émissions

Cette variabilité des émissions au sein de chaque type d'intervention, peut s'expliquer par différents facteurs : le nombre de passages d'outils, la puissance des moteurs ou encore les taux de charge des outils. Le taux de charge représente la part du moteur utilisée par un outil pour effectuer un chantier. Plus le taux de charge de l'outil est élevé, plus la consommation en carburant va être élevée.

- La puissance moteur :

A nombre de passages égal, on relève des émissions plus importantes pour les parcelles qui utilisent un porteur multifonction plutôt qu'un tracteur inter-rang lors des traitements phytosanitaires. La Figure 2 montre l'exemple de la parcelle 90 qui a utilisé un tracteur inter-rang (80 ch) en 2016 et un porteur multifonction (160 ch) en 2017 et 2018 pour la gestion des maladies et des nuisibles. On voit que, pour un même nombre de passages, les émissions liées à cette activité ont augmenté de 60% (440 kg CO₂ /ha /an), augmentant de la même façon les émissions totales annuelles de 29%.

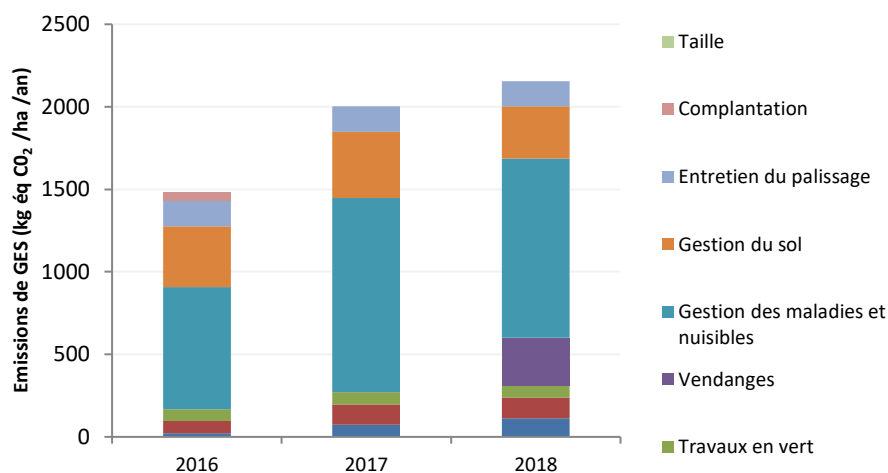


Figure 2 : Emissions de GES par activité viticole de la parcelle 90 durant les années 2016, 2017 et 2018

On note également que les émissions liées aux vendanges ne sont pas négligeables pour les exploitations réalisant des vendanges mécaniques avec une machine à vendanger, représentant entre 5 et 14% des émissions totales pour ces parcelles. La parcelle 90 a été vendangée manuellement en 2016 et 2017 et mécaniquement en 2018, augmentant les émissions de gaz à effet de serre annuelles de 14%.

Les émissions liées aux travaux en vert (rognage ou encore effeuillage et/ou épamprage s'ils sont mécaniques) peuvent être importantes pour quelques parcelles en fonction du nombre d'interventions.

Les émissions liées au transport varient en fonction de la distance entre la parcelle et le Château viticole.

- Le nombre d'interventions :

On relève des émissions plus importantes pour les parcelles enregistrant plus de passages durant l'année, en particulier pour la gestion des maladies et des nuisibles ainsi que la gestion du sol. La figure 3 ci-dessous présente les émissions émises sur les parcelles 55 et 552, appartenant à un même Château viticole, durant l'année 2016. Les pratiques viticoles ont été réalisées avec les mêmes outils et le même matériel. Ces 2 parcelles ont toutefois des itinéraires techniques annuels différents. Comparée à la parcelle 55, la parcelle 552 enregistre 5 passages supplémentaires associés à la gestion des maladies et des nuisibles et 4 passages supplémentaires des mêmes pratiques de gestion du sol, correspondant principalement à un travail de l'inter-rang plus fréquent en 2016.

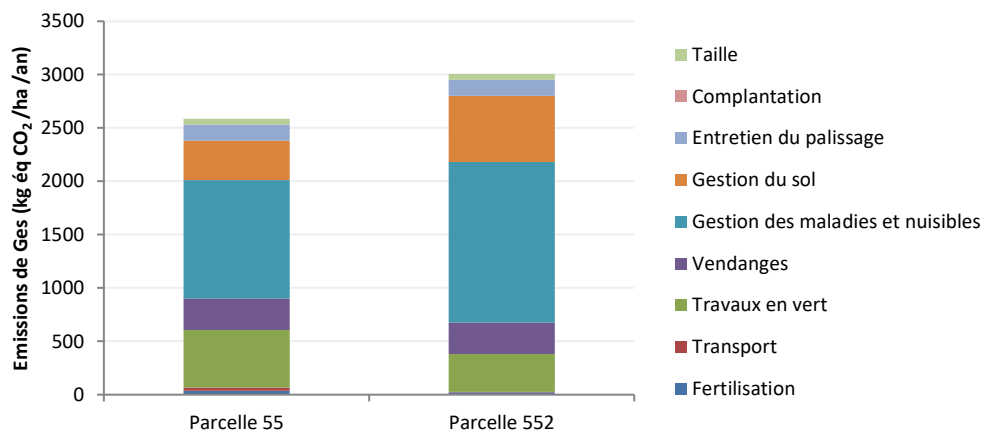


Figure 3 : Comparaison des émissions de GES entre les parcelles 55 et 552 en 2016

On s'aperçoit sur la Figure 3 que la parcelle 552 enregistre en 2016 + 400 kg éq CO₂/ha /an pour la gestion des maladies et +250 kg éq CO₂/ha/an pour la gestion du sol par rapport à la parcelle 55.

En plus du nombre d'interventions, la variabilité enregistrée entre les parcelles peut-être expliquée par le type d'outil utilisé (tondeuse, tracteur inter-rang,...) et donc la variation du taux de charge qui représente la part du moteur utilisée par un outil pour effectuer un chantier. Lorsque l'on compare les émissions émises sur la parcelle 232 (inter-rang enherbé) avec celles émises sur la parcelle 242 (inter-rang travaillé) appartenant au même Château viticole, on s'aperçoit que la parcelle enherbée (232) enregistre plus d'émissions de CO₂ que la parcelle travaillée (242) sur les 3 années (Figure 4). Ce calcul ne prend pas en compte le stockage de carbone biogénique (fixé par la vigne et l'enherbement), étant donné les fortes incertitudes sur la mesure du taux de stockage effectif.

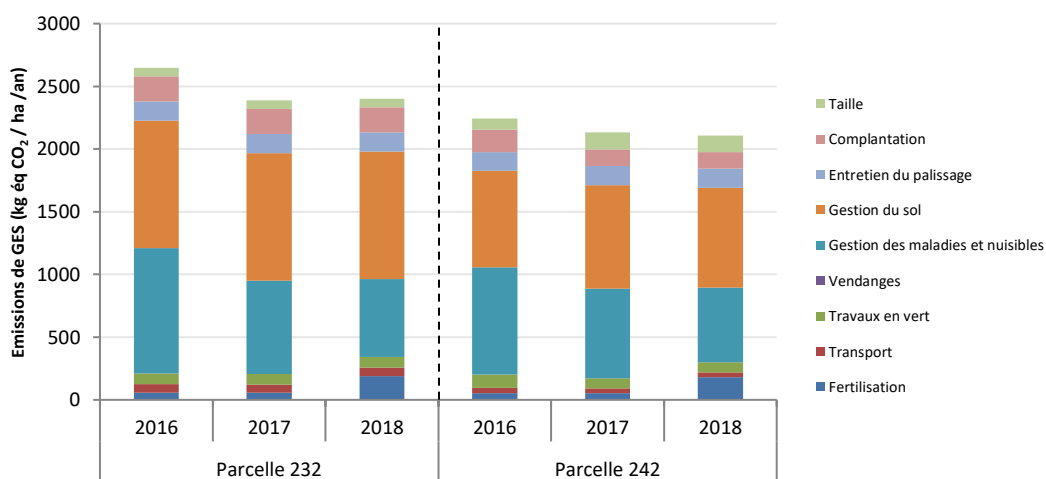


Figure 4 : Comparaison des émissions en GES de la parcelle 232 (enherbée) et de la parcelle 242 (travaillée)

Utilisant les mêmes engins motorisés et les mêmes itinéraires techniques hors travail du sol, la différence provient du nombre d'interventions et du taux de charge des outils. En effet, la parcelle enherbée enregistre 2 passages supplémentaires par rapport à la parcelle travaillée pour cette activité. En combinant le travail sous le rang avec celui de l'inter-rang, la parcelle 242 enregistre 2 interventions de moins que la parcelle 232 sur laquelle ont été réalisées des tontes ainsi que du travail sous le rang.

De plus, la tonte présente un taux de charge supérieur (0,5) à celui de l'outil de travail sur l'inter-rang (0,3-0,4).

1.3 Comparaison des émissions de GES par millésime :

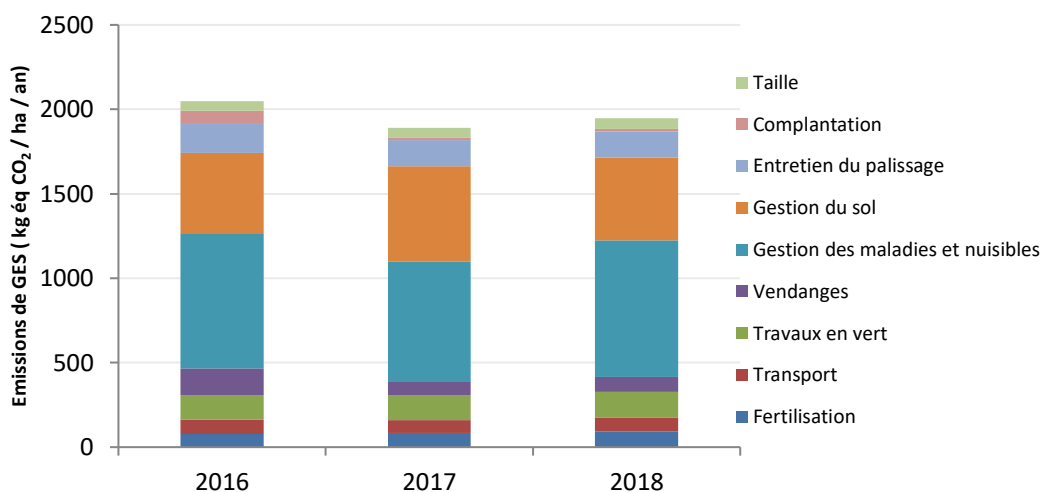


Figure 5 : Moyenne des émissions (kg eq CO₂ /ha/ an) sur les 15 exploitations par pratique

La gestion des maladies et des nuisibles et la gestion du sol sont les activités viticoles qui ont émis le plus de gaz à effet de serre pour chacune de ces années (Figure 5). On note toutefois une réduction des émissions en 2017, en particulier pour la gestion des maladies et les vendanges. Cette diminution peut être expliquée par le gel printanier d'Avril 2017 qui a touché 7 des 15 parcelles étudiées. Suite à la perte de rendement liée à ce gel, les parcelles touchées ont été moins traitées que lors d'une année productive. Certaines de ces parcelles touchées à faible rendement ont également optées pour une vendange manuelle, remplaçant ainsi la vendange mécanique et diminuant les émissions de GES pour cette pratique.

A titre d'exemple, la figure ci-dessous présente les émissions de GES de la parcelle 102 pour les années 2016, 2017 et 2018 (Figure 6). Cette parcelle a été gelée lors des épisodes de gel printanier du 27 Avril 2017.

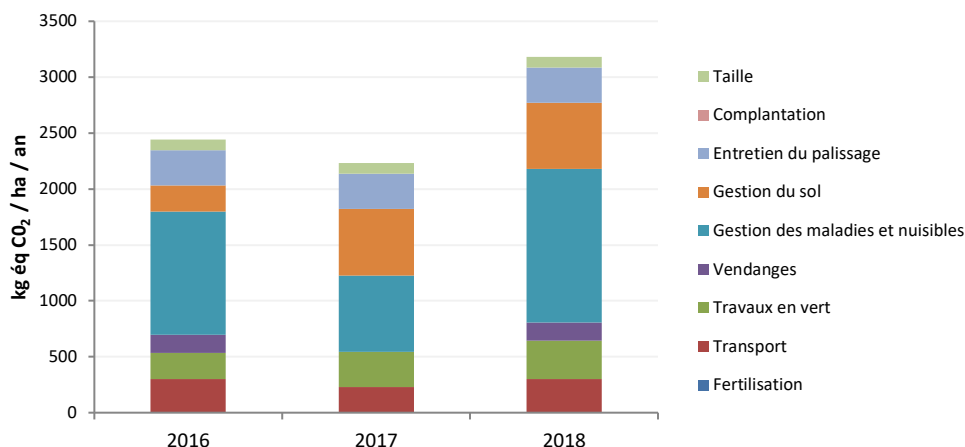


Figure 6 : Emissions de GES par pratique viticole de la parcelle 102 pour les années 2016, 2017 et 2018

Lors de l'année 2017, on note une diminution des émissions de GES pour la gestion des maladies et les vendanges liées à une réduction du nombre de passages à la parcelle pour ces pratiques. La réduction des émissions générées par les vendanges peut également être expliquée par la transition de vendanges mécaniques à vendanges manuelles. Les émissions de 2018 sur cette parcelle ont été plus importantes suite à la forte pression de mildiou et à l'augmentation du nombre de traitements.

2. Les types d'émissions (directes / indirectes) :

Les émissions de GES ont été calculées en fonction de leur type, c'est-à-dire si elles sont directes ou indirectes. On constate que les émissions directes sont majoritaires, représentant en moyenne 65 % des émissions totales annuelles, même si les émissions indirectes sont également importantes avec en moyenne 35% des émissions totales annuelles. Cette répartition se retrouve pour les quinze parcelles de l'échantillon et pour toutes les années. On note toutefois une variabilité entre les parcelles, avec des émissions directes représentant entre 51 et 77% des émissions totales par parcelle.

La part des émissions directes et indirectes pour chaque type d'intervention est similaire en moyenne sur les trois années (Figure 7) sauf pour la catégorie « Palissage ». Les interventions d'engins motorisés sont rares pour cette catégorie, tandis que le nombre important de piquets en bois, de fil et d'amarres en acier par parcelle implique des émissions de GES indirectes importantes générées lors de l'étape de fabrication. Cette quantité d'émissions de GES a été divisée par le nombre d'année correspondant à la durée de vie du matériel. On peut également noter des émissions indirectes significatives pour la gestion des maladies et des nuisibles, correspondant à la production des matières actives et des engins motorisés.

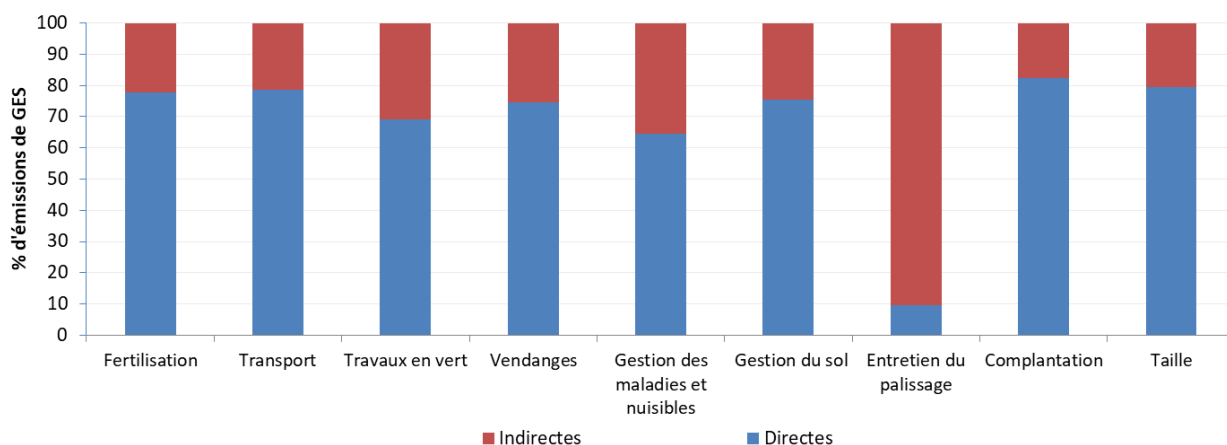


Figure 7 : % de type d'émissions de gaz à effet de serre en moyenne par pratique (moyenne des années 2016, 2017 et 2018).

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la parcelle et de définir les pratiques les plus émettrices pour 15 parcelles des appellations de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites. Les émissions moyennes par hectare de l'échantillon observé sont de 1841 kg éq CO₂/ha/an, soit 9 allers-retours Lyon-Paris en voiture (SUV), avec une variabilité entre parcelle pouvant aller du simple au triple. Les émissions directes, correspondant aux émissions sur lesquelles les viticulteurs peuvent directement intervenir, représentent une part importante du total émissions pour chaque parcelle (entre 51 et 80%).

Les pratiques viticoles les plus émettrices sont la gestion des maladies et des nuisibles ainsi que l'entretien du sol, en particulier parce que ce sont des pratiques motorisées qui demandent un nombre important d'interventions. Ces deux opérations viticoles vont sans doute évoluer avec le changement climatique dans les années à venir, avec une modification de la fréquence des maladies et une augmentation des épisodes de sécheresse pouvant entraîner une évolution des pratiques du travail du sol.

L'effet millésime engendre une variabilité interannuelle des émissions de GES, en particulier en cas d'évènements climatique extrêmes (gel, etc.) ou de recrudescence d'une maladie. Il serait donc intéressant de coupler cette approche de calcul de l'empreinte carbone avec les modélisations d'évolution des maladies, du stress hydrique et de l'augmentation des phénomènes extrêmes dans le futur pour anticiper les variations d'émissions de gaz à effet de serre.

Ces résultats vont permettre aux viticulteurs de prendre en compte l'impact de leurs pratiques sur les émissions de GES. Cette étude vient compléter les résultats des travaux réalisés par le CIVB sur le bilan carbone de la filière pour l'ensemble des vignobles Bordelais.

Plus d'informations sur le projet :

Site internet du projet : www.adviclim.eu/fr/

Théo Petitjean¹, Emilie Adoir², Laure de Rességuier¹, Hervé Quéno³

¹EGFV, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, Université Bordeaux, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon.

²IFV, 69400 Villefranche-sur-Saône

³LETG-RENNES, UMR 6554 CNRS, Université Rennes 2, 35000 Rennes

Bibliographie :

CIVB, 2018 : « Plan Climat 2020 des vins de Bordeaux », Les cahiers techniques du CIVB, n°64, Avril 2018, 12p

Roby J.-P., VAN LEEUWEN C. et Marguerit E., 2008. Références Vigne. Références technico-économiques de systèmes de conduite de la vigne. 2e édition. Ed. Synthèse Agricole - Lavoisier, Paris. ISBN 978-910340-50-6, 269p.