



# RENCONTRES VITICOLES D'ALSACE

## LA PÉRENNITÉ DES SOLS VITICOLES : COMMENT CONCILIER LES ENJEUX CARBONES ET LE MAINTIEN DE LA FERTILITÉ ?

**Mardi 14 mars 2023**

IUT - Bâtiment A  
Biopôle  
33 rue de Herrlisheim  
68000 COLMAR





## LA PÉRENNITÉ DES SOLS VITICOLES : COMMENT CONCILIER LES ENJEUX CARBONES ET LE MAINTIEN DE LA FERTILITÉ ?

**Mardi 14 mars 2023**

IUT – Bâtiment A  
Biopôle – 33 rue de Herrlisheim – 68000 COLMAR

Une augmentation annuelle de 4 % du stock de carbone des sols permettrait de compenser les émissions humaines de Gaz à Effet de Serre (GES). Nous allons étudier la question du carbone dans les sols sous différents angles : Comment séquestrer du carbone dans les sols viticoles ? Fertilisation, désherbage ou enherbement, quels impacts sur l'empreinte carbone ? Importance du carbone et de sa gestion dans la qualité des sols viticoles. Impact des pratiques viticoles sur la qualité biologique des sols. Economies d'énergies et des émissions de GES appliqués à l'entretien du sol. Quels choix pouvons-nous faire et quelles sont les opportunités de la robotique ?

**Coût : 50 € TTC** comprenant l'inscription, la pochette séminaire, la pause et le déjeuner

### PROGRAMME :

9h00

#### **Ouverture et Présentation de la session**

Jean-Daniel HERING, Président de la Station Régionale IFV Alsace

9h15

#### **L'empreinte carbone viticole : contexte, définition et chiffres clés**

Hugo LUZI – IFV Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie

9h45

#### **Fertilité des sols : importance de la matière organique et de la fourniture en azote**

Jean-Yves CAHUREL – IFV Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie

10h15

#### **Séquestration du carbone dans les sols : quels sont les leviers et comment estimer leur efficacité**

Jean-Yves CAHUREL – IFV Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie

10h45 *Pause*

11h15

#### **Comment préserver la qualité biologique des sols : impact des pratiques viticoles**

Laure GONTIER – IFV Pôle Sud-Ouest

11h45

#### **L'indicateur "empreinte carbone" : performances de 9 modalités d'entretien du sol**

Hugo LUZI – IFV Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie

12h15

#### **Quelles sont les voies de réduction de la consommation d'énergie en matière de gestion des sols au vignoble**

Christophe GAVIGLIO – IFV Pôle Sud-Ouest

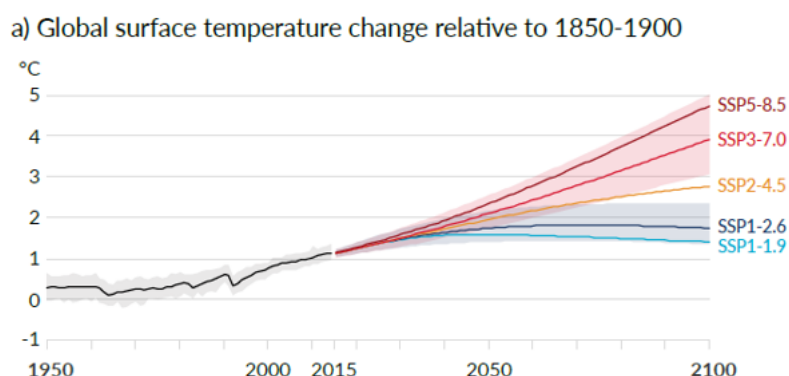
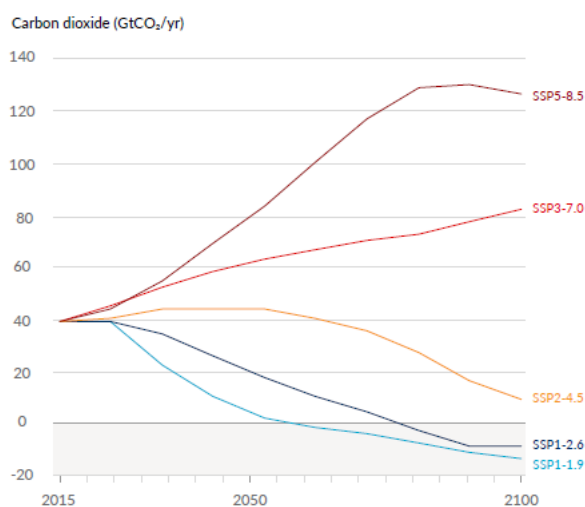
13h Clôture de la matinée et Déjeuner



## L'EMPREINTE CARBONE VITICOLE : CONTEXTE, DÉFINITION ET CHIFFRES CLÉS

### > OBJECTIFS INTERNATIONAUX ET NATIONAUX DANS LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est maintenant éprouvé par chacun. Ses implications concrètes et multiples fragilisent nos sociétés et en particulier l'agriculture avec ses événements extrêmes de sécheresse, chaleur, gel printanier. Et ce n'est que le début si rien n'est fait en termes d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), nous disent les scientifiques du GIEC, qui estiment également qu'il n'est pas trop tard pour infléchir cette augmentation de la température, si des décisions drastiques et immédiates pour l'atténuation sont prises. En effet, les scénarios d'évolution de la concentration en GES et de la température de l'atmosphère en fonction de différentes hypothèses prospectives des actions humaines à venir, publiés dans le 6ème rapport du GIEC en 2021, confirment qu'il faut atteindre le « zéro émissions nettes » de GES dans la 2nde moitié du 21ème siècle pour rester en-dessous de +2°C par rapport à la période 1850-1900 (cf. Figure 1). C'est donc cet objectif qui a été retenu en 2015 à l'issue de la COP 21 dans l'Accord de Paris, qui fut un accord historique pour le climat car premier accord contraignant les Etats signataires à établir une stratégie de développement à long terme à faibles émissions de GES. Cet accord reconnaît aussi un principe d'équité pour l'action climatique : les pays ayant le plus contribué au changement climatique (par leurs émissions passées et actuelles de gaz à effet de serre) et étant en mesure de le faire (capacité et potentiel à réduire les émissions) doivent prendre une part plus active dans l'action climatique mondiale.



Sur cette figure, les lignes représentent la valeur moyenne obtenue par l'ensemble des modèles climatiques utilisés. Les aires colorées représentent les valeurs obtenues dans 90% des simulations pour le SSP3-7.0 et le SSP1-2.6. Cette fourchette n'est pas représentée sur les autres scénarios par souci de lisibilité.

Figure 1 : Scénarios d'évolution de la concentration en GES dans l'atmosphère (gauche) et de l'augmentation de température (droite) - IPCC, 2021

La COP 21 fut aussi le lieu d'émergence de l'initiative « 4 pour mille », lancée par la France, et qui n'a cessé de croître depuis, installant une gouvernance rassemblant de multiples acteurs au niveau international (Etats et collectivités locales, organisations internationales et régionales, banques de développement, recherche, organisations de producteurs agricoles et forestiers, société civile, acteurs économiques). Son but : montrer que les sols agricoles peuvent être un levier pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, et inviter tous les partenaires à faire connaître et mettre en place des actions concrètes pour le stockage de carbone dans les sols. Avec un slogan qui a marqué les esprits : « une augmentation annuelle de 4 ‰ du stock de carbone des sols agricoles et forestiers mondiaux compenserait presque l'augmentation annuelle des rejets de CO<sub>2</sub> des activités humaines dans l'atmosphère ». Mais d'où vient cette valeur de « 4 pour mille » ? Il s'agit du rapport entre les émissions annuelles de GES issues de la combustion des énergies fossiles (8,9 Gt de carbone), et de la fourchette haute de l'estimation des stocks de carbone à l'échelle mondiale sur les 2 premiers mètres (2 400 Gt de C). La fraction 8,9/2400 donne une valeur arrondie de 0,004, soit 4 ‰ (cf Figure 2). Mais le consortium 4 pour mille le rappelle : cette valeur d'augmentation de 4 ‰ n'est pas une valeur normative pour chaque pays, mais une orientation à suivre, pour se rappeler que ce levier d'atténuation est significatif et multi-bénéfices.

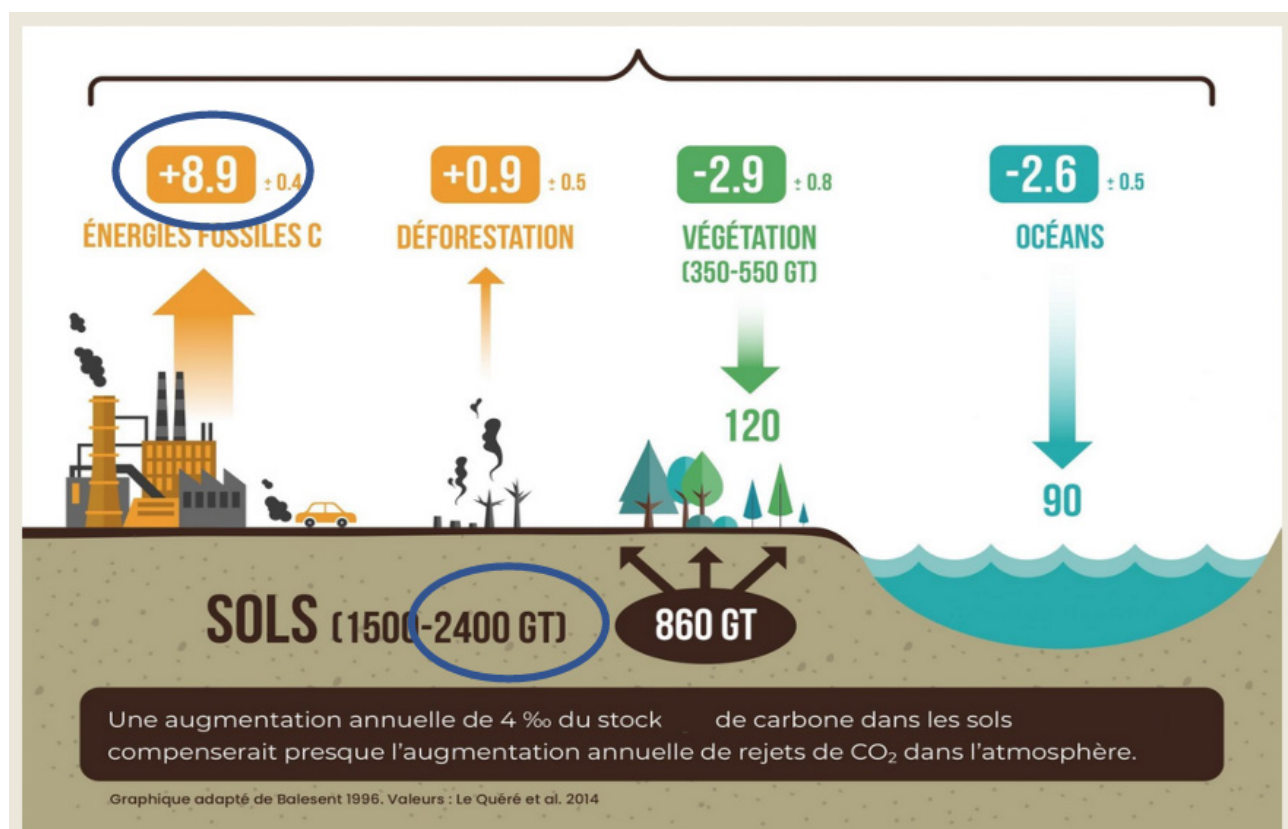
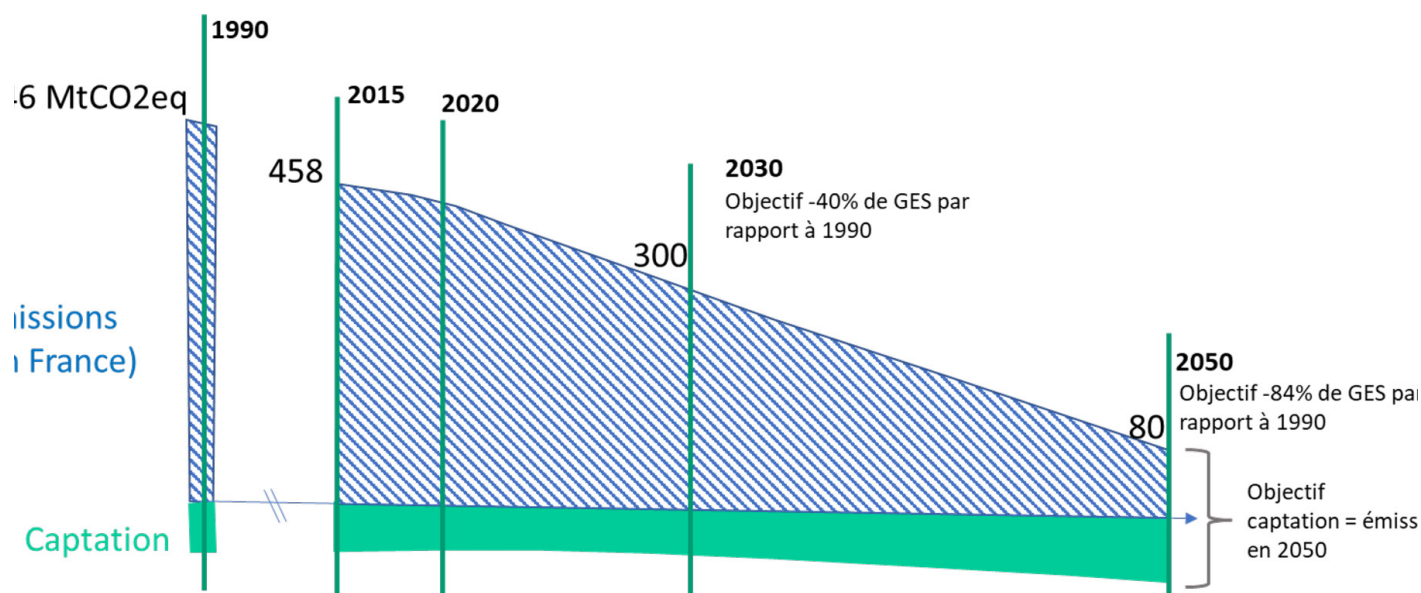


Figure 2 : Schéma synthétisant les principaux flux de carbone à l'échelle mondiale ([www.4p1000.org](http://www.4p1000.org))

Pourquoi n'est-ce pas une valeur normative ? Premièrement, cette valeur a été obtenue à l'échelle mondiale, donc cela supposerait que tous les pays fassent cet effort de stockage additionnel de carbone dans les sols, même les pays qui sont peu émissifs, pour arriver à cette compensation sans réduction des émissions. Or, comme évoqué précédemment, l'Accord de Paris met en avant le principe d'équité pour l'action climatique. Si la France se porte responsable de ses émissions de GES et cherche à les compenser sur son territoire, on obtiendrait une valeur guide de +3,4 ‰ de stock de carbone par an pour que les stocks de carbone français compensent les émissions nationales françaises. Deuxièmement, il faudrait que le potentiel de stockage annuel de 4 ‰ soit techniquement atteignable, et sans impliquer d'émissions de GES supplémentaires. L'INRAE a fait l'exercice et a livré en 2019 ses conclusions : le potentiel de stockage additionnel de carbone dans les sols français techniquement faisable sur la profondeur 30 cm est de + 1,9 ‰ sur l'ensemble du territoire (Pellerin, Bamière et al, 2020). L'augmentation du stock de carbone dans les sols français ne peut donc suffire à compenser les émissions nationales françaises. Et il est de toute façon nécessaire de réduire les émissions de GES avant de stocker du carbone, dans la mesure où le stockage de carbone présente un risque de non-permanence : si les pratiques « stockantes » sont abandonnées au bout de quelques années, le sol va déstocker ce qu'il avait commencé à stocker, et le bénéfice du stockage pour le climat serait nul.

Dans ce contexte de l'Accord de Paris et d'acquisition de références sur le potentiel de stockage de carbone en France, les pouvoirs publics français ont lancé en novembre 2019 la 2ème Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), fixant des objectifs plus ambitieux que ceux de la 1ère SNBC parue en août 2015, juste avant la COP 21 : atteindre la neutralité carbone de la France d'ici 2050 tout en réduisant l'empreinte carbone des Français (à travers les produits importés). Pour atteindre ces objectifs, la trajectoire visée est (cf Figure 3):

- une réduction de 40% des émissions de GES d'ici 2030 par rapport à 1990
- une réduction de 84% des émissions de GES d'ici 2050 par rapport à 1990
- une augmentation de 50% des puits de carbone (sols, biomasse, puits technologiques) d'ici 2050 par rapport à 2019.



### > QUELS OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ET STOCKAGE DE CARBONE PAR SECTEUR ?

La SNBC détaille cette trajectoire selon 6 secteurs, en partant du diagnostic des émissions de GES selon ces 6 secteurs et en fixant des objectifs de réduction différents selon les secteurs :

	Contribution du secteur aux émissions nationales en 2015	Valeur cible de contribution du secteur aux émissions nationales en 2050	Valeur cible de réduction des émissions pour le secteur d'ici 2050
<b>Agriculture</b>	<b>19 % (100 MtCO2e)</b>	<b>61,5 % (48 MtCO2e)</b>	<b>-46 %</b>
<b>Industrie</b>	17 % (95 MtCO2e)	19,2 % (15 MtCO2e)	-81 %
<b>Déchets</b>	3 % (20 MtCO2e)	7,7 % (6 MtCO2e)	-66 %
<b>Energie</b>	12 % (40 MtCO2e)	2,6 % (2 MtCO2e)	-100 % (décarbonation complète)
<b>Bâtiments</b>	19 % (85 MtCO2e)	5,1 % (4 MtCO2e)	-100 % (décarbonation complète)
<b>Transports</b>	30 % (145 MtCO2e)	3,8 % (3 MtCO2e)	-100 % (décarbonation complète)
<b>Total</b>	100 % (458 MtCo2e)	100 % (78 MtCO2e)	

Tableau 1 : Trajectoire de réduction des émissions de GES par secteur visée par la SNBC (Ministère de la Transition écologique, 2021)

L'agriculture serait donc en 2050 le principal poste des émissions de GES nationales, après avoir atteint un volume de GES émis incompressible, loin devant le secteur de l'énergie et des déchets. Les trois autres secteurs seraient quasiment décarbonés (cf Tableau 1 et Figure 4).



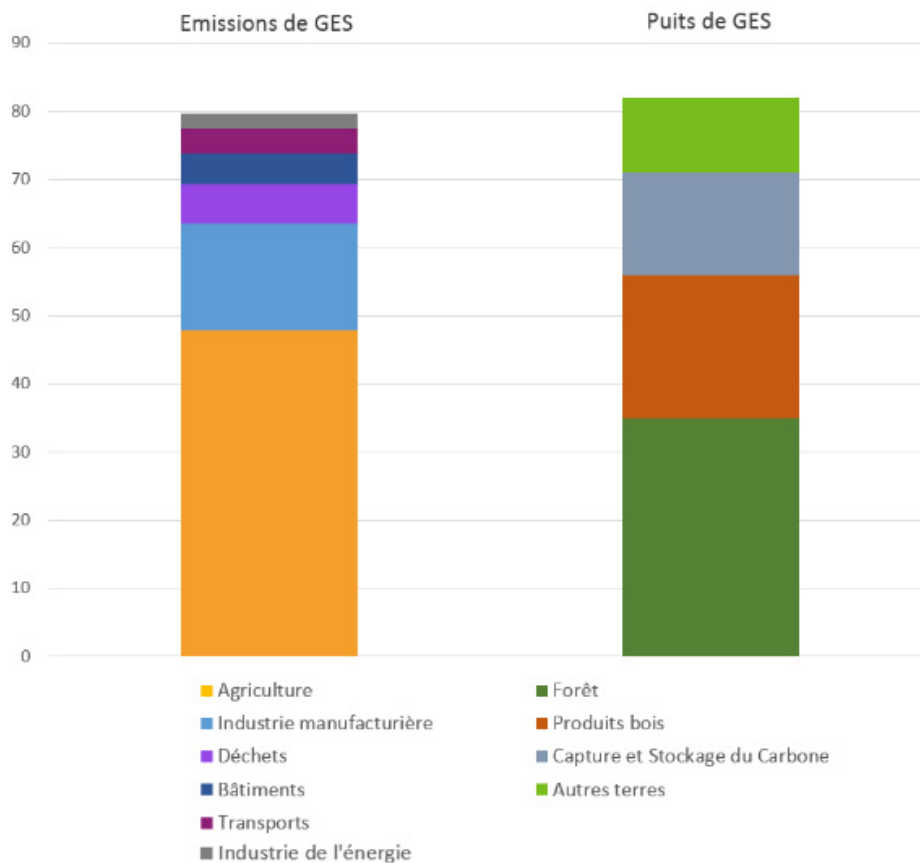


Figure 4 : Puits et émissions de GES par secteur en 2050 dans le scénario de la SNBC (Ministère de la Transition Ecologique, 2021)

En terme de stockage de carbone en 2050, la SNBC favorise un stockage de carbone naturel, notamment stockage important dans la forêt (35 Mt CO2e/an dans sol et biomasse), dans les produits bois (20 Mt CO2e/an), et dans une moindre mesure dans les sols agricoles (11 Mt CO2e/an), complété par un stockage de carbone « technologique » (capture et stockage dans des cavités géologiques de l'ordre de 13 Mt CO2e/an). Dans ce contexte, quelle part peut prendre la viticulture dans la réduction des émissions de GES du secteur agricole français et dans le stockage de carbone ? Il faut pour cela d'abord faire le point sur la contribution de la viticulture dans les émissions de GES actuelles.

### > QUELLE CONTRIBUTION DE LA VITICULTURE AUX ÉMISSIONS DE GES ?

Les statistiques disponibles sont assez indirectes, mais nous donnent déjà quelques indications. Dans les 100 MtCO2e du secteur agricole en 2015, le Citepa (association chargée par le Ministère de l'Ecologie de réaliser les inventaires nationaux d'émissions de GES) estime que 12% sont dues aux émissions directes liées à l'utilisation des engins (CO2 principalement), moteurs et chaudières, 42% sont dues aux émissions directes des cultures et 46% sont dues à l'élevage (émissions de CH4 et N2O).

Détaillons les émissions directes des cultures : la moitié environ de ces émissions directes sont des émissions de N2O (gaz à effet de serre 265 fois plus réchauffant que le CO2) provenant des engrais, environ 20 % dues aux émissions de N2O par les pâtures, et 30% dues à d'autres émissions (résidus de culture, méthane des rizières,...). On voit donc la part prépondérante de l'élevage dans les émissions agricoles françaises.

On note par ailleurs que ces émissions agricoles sont stables depuis 30 ans, contrairement aux secteurs de l'énergie, de l'industrie et du bâtiment (Citepa, 2021).

En prenant comme référence la base de données Agribalyse de l'ADEME pour les émissions directes par ha de la production de raisin (920 kgCO2e/ha/an) et la surface viticole française (3% de la SAU française d'après Agreste), on estime que les émissions directes viticoles représentent actuellement 0,9 % des émissions nationales du secteur agricole. Les émissions directes par ha de la production de pomme de terre ou de

blé tendre sont, pour comparaison, bien plus importantes (respectivement 1645 et 1460 kgCO<sub>2</sub>e/ha/an d'après Agribalyse). Cela s'explique par une fertilisation moins importante de la vigne par rapport aux autres productions, entraînant des émissions moindres de N<sub>2</sub>O. Les émissions de la viticulture étant moindres, les marges de réduction par hectare sont de fait plus faibles que les autres productions. Néanmoins, ces marges de réduction existent et la viticulture peut contribuer à cet effort national.

Enfin, l'inventaire national des émissions de GES incite certes à se pencher sur les émissions directes de chaque secteur, mais il est également important de raisonner selon l'approche cycle de vie, pour considérer l'empreinte carbone d'un produit ou d'une activité, et éviter des déplacements d'émissions vers un autre secteur et/ou un autre pays lors d'un changement de pratique. Cette empreinte carbone regroupe les émissions directes (au champ, au chai,...) et les émissions indirectes, « contenues » dans les intrants (à travers leur fabrication, transport,...), potentiellement importés. Pour donner quelques ordres de grandeur :

- les émissions indirectes de la production de raisin sont, d'après Agribalyse, de l'ordre de 425kgCO<sub>2</sub>e/ha/an;
- la viticulture représente environ 0,24 % de l'empreinte carbone française, périmètre excluant les exportations (Agribalyse, SDES et Agreste);
- la viticulture représente environ 18% de l'empreinte carbone de la filière vitivinicole, périmètre incluant les exportations;
- la filière vitivinicole représente environ 0,6 % de l'empreinte carbone française, périmètre excluant les exportations (Agribalyse et SDES).

En conclusion, la viticulture contribue très peu en pourcentage aux émissions de GES du fait des très faibles surfaces, mais en raisonnant à l'hectare et selon une approche cycle de vie, des marges de réduction sont identifiables et la viticulture est invitée à faire sa part dans la trajectoire bas carbone de la France. Des leviers de réduction importants sont également à trouver sur les autres étapes de la filière (correspondant aux secteurs de l'industrie et des transports). Au-delà de la réduction des émissions, la viticulture a un rôle important à jouer dans le stockage du carbone dans les sols (potentiel de stockage de +3,7 %/an pour les sols viticoles uniquement, juste derrière le potentiel de stockage des grandes cultures qui s'élève à +5,1 %/an) et dans les haies.

	Stockage additionnel France entière Horizon 0-30 cm MtC/an	Stockage additionnel, rapporté au stock du mode d'occupation du sol correspondant ‰/an
<b>En grandes cultures et prairies temporaires</b>		
Extension des cultures intermédiaires	+2,019	
Semis direct	+0,677	
Nouvelles ressources organiques	+0,084	
Insertion et allongement de prairies temporaires	+0,840	
Agroforesterie intraparcellaire	+1,103	
Haies	+0,150	
<b>Total grandes cultures</b>	<b>+4,873 (85,6%)</b>	<b>+5,1‰/an</b>
<b>En prairie permanente</b>		
Intensification modérée	+0,694	
Remplacement fauche-pâture	+0,023	
<b>Total prairies permanentes</b>	<b>+0,717 (12,6%)</b>	<b>+0,9‰/an</b>
<b>En vignoble</b>		
Enherbement	+0,103	
<b>Total vignoble</b>	<b>+0,103 (1,8%)</b>	<b>+3,7‰/an</b>
<b>En forêt</b>		
Pas d'identification de pratique plus stockante que les pratiques actuelles	-	-
<b>Total forêt</b>	-	-
<b>Total France (hors surfaces artificialisées et divers)</b>	<b>5,693 (100%)</b>	<b>+1,8‰/an</b>

Figure 5 : synthèse des résultats de l'étude 4 pour mille par type de culture (Pellerin, Bamière et al, 2020)

**EMILIE ADOIR**

IFV PÔLE BOURGOGNE- BEAUJOLAIS-  
JURA- SAVOIE

**HUGO LUZI**

IFV PÔLE BOURGOGNE- BEAUJOLAIS-  
JURA- SAVOIE

## RÉFÉRENCES

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:[10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896).

Site internet de l'initiative 4 pour mille : [www.4p1000.org](http://www.4p1000.org)

Ministère de la Transition Ecologique, 2021. Stratégie Nationale Bas-Carbone révisée complète.

S. Pellerin, L. Bamière et al, 2020. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p

SDES - Ministère de la Transition Ecologique, 2021. DATALAB- Chiffres clés du climat : France, Europe et Monde.

Citepa, juin 2022. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France –Format Secten.

Besnier et al, 2016. Méthodologie d'analyse de cycle de vie environnementale de filières de transformation agroalimentaire; application aux filières vins AOP de Beaujolais et Bourgogne et IGP Foie Gras du Sud-ouest

ADEME, 2019. Base de données Agribalyse v1.4





## FERTILITÉ DES SOLS : IMPORTANCE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DE LA FOURNITURE EN AZOTE

Les matières organiques (MO) jouent un rôle important dans le fonctionnement global du sol, au travers de ses composantes physique, chimique et biologique. En particulier, leurs propriétés confèrent au sol des aptitudes plus ou moins importantes en termes de limitation du ruissellement, de l'érosion ou du tassement, tout en permettant le stockage et la fourniture d'éléments minéraux. Elles jouent également un rôle majeur dans la fonction épuratrice du sol en améliorant la rétention des micropolluants organiques et des pesticides. Enfin elles permettent de stocker du carbone dans les sols et ainsi de participer à la réduction de l'émission des gaz à effet de serre et à lutter contre le changement climatique.

Ces MO permettent également la fourniture en azote du sol via leur minéralisation par les micro-organismes du sol. Cette minéralisation est fonction du type de sol (taux d'argile, carbonates, pH, taux de MO) et des conditions climatiques (température et humidité du sol).

De façon à mieux connaître l'impact d'apports organiques sur le sol et la vigne, l'IFV a bâti un programme ambitieux, permettant également d'améliorer le conseil de gestion de la matière organique en sols viticoles.

Un réseau d'expérimentations, mis en place en 2009-2010 par l'IFV au niveau national, comporte 7 sites expérimentaux répartis dans 5 régions viticoles : Beaujolais, Côtes du Rhône, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Vallée de la Loire. Il a pour objectif d'améliorer le conseil de gestion de la matière organique des sols viticoles, par une meilleure connaissance du type de produit à apporter en liaison avec les besoins au niveau du sol et les effets attendus, tout en prenant en compte les conditions pédo-climatiques et les conditions d'entretien du sol ainsi que les exigences régionales en termes de vin à élaborer. Les amendements organiques utilisés (apport tous les 4 ans) peuvent varier d'une région à une autre, en fonction des gisements régionaux, mais le témoin de référence, sans apport de MO exogène, est commun à toutes les situations (désherbé, broyage des sarments sur l'inter-rang). Des modalités enherbées sur l'inter-rang ont également été intégrées dans certains sites (Midi-Pyrénées). Les mesures à réaliser sont communes, de même que les protocoles de prélèvements pour analyse de terre ou de végétaux.

Certains résultats sont présentés pour illustrer l'importance des apports organiques sur différents paramètres du sol.

**JEAN-YVES CAHUREL**

IFV PÔLE BOURGOGNE- BEAUJOLAIS- JURA- SAVOIE



## SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS : QUELS SONT LES LEVIERS ET COMMENT ESTIMER LEUR EFFICACITÉ

L'objectif de la séquestration du carbone dans les sols (en lien avec l'initiative 4 pour mille) est en concordance avec l'objectif agronomique en viticulture, les sols viticoles étant souvent pauvres en matière organique (MO).

Les leviers principaux sont :

- Les amendements organiques. Les critères de choix reposent sur leur richesse en MO (teneur) et leur ISMO. Cet Indice de Stabilité de la Matière Organique (Lashermes et al, 2007) donne le pourcentage de MO du produit qui donnera du carbone stable dans le sol, sous forme d'humus. Il est déterminé au laboratoire selon une norme analytique et est donc caractéristique du produit considéré. Les amendements organiques ont des ISMO supérieurs à 50 (50 % de la MO du produit sera stable dans le sol). La richesse en éléments minéraux est également à prendre en compte, en particulier pour établir son plan de fumure. Enfin, des critères plus pratiques (facilité d'épandage par exemple) ou économiques rentrent également en ligne de compte.
- Les couverts végétaux. Ils permettent de faire rentrer du carbone dans le sol, via la photosynthèse. Ils sont moins efficaces que les amendements organiques pour séquestrer du carbone, du fait de la biomasse relativement faible produite et de leur ISMO moins élevé. Mais ils procurent d'autres avantages : amélioration de la structure du sol, réduction de l'utilisation des herbicides, biodiversité, lutte contre l'érosion...
- La restitution des bois de taille. L'apport de MO par les sarments n'est pas négligeable : environ 200kg de carbone stable pour 2 t de matière fraîche produite.
- L'agroforesterie. Levier potentiel même si les références en viticulture restent pour le moment rares.

Le modèle AMG (Andriulo et al, 1999) a été récemment paramétré et validé sur vigne dans le cadre du projet OAD MO (Mouny et al, 2021). Il permet de simuler l'évolution du stock de carbone du sol d'une parcelle de vigne dans le temps, en fonction des pratiques culturales, du type de sol et du climat. Des exemples alsaciens sont présentés.

**JEAN-YVES CAHUREL**

IFV PÔLE BOURGOGNE- BEAUJOLAIS- JURA- SAVOIE

Andriulo, A.; Mary, B.; Guerif, J. (1999). Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. In : Agronomie, vol. 19, n° 5, p. 365–377.

Lashermes, G.; Houot, S.; Nicolardot, B.; Parnaudeau, V.; Mary, B.; Morvan, T. et al. (2007) Apport de matières organiques exogènes en agriculture : indicateur de potentialité de stockage de carbone dans les sols et définition de classes de disponibilité d'azote. In : Echo MO, n° 64, p. 3–8.

Mouny, J.-C.; Duparque, A.; Cahurel, J. Y. (2021). Vers un outil de simulation pour améliorer le conseil sur la gestion du patrimoine organique des sols viticoles : Adaptation du modèle AMG à la vigne. poster. In : Comifer-Gemas, coord. 15e Rencontres Comifer-Gemas. Clermont-Ferrand, 24-25/11/2021.



## COMMENT PRÉSERVER LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS : IMPACT DES PRATIQUES VITICOLES

La production viticole mondiale représente 7,5 millions d'ha pour un marché économique de 31 Mrd €. La viticulture constitue un secteur stratégique de l'économie agricole pour les principaux pays producteurs (Italie, France, Espagne, USA) mais également un des principaux consommateurs de produits phytosanitaires et de mécanisation. Ces pratiques ont des conséquences sur la qualité environnementale et plus particulièrement celle des sols. De plus en plus d'études tentent d'évaluer l'impact des pratiques viticoles sur la biodiversité du sol. Cependant, la diversité des pratiques et la diversité des organismes du sol rendent cette évaluation complexe. Dans ce contexte, nous proposons de faire une revue de la littérature internationale pour répondre à la question de la qualité biologique des sols viticoles et l'impact des pratiques viticoles. L'analyse de plus d'une centaine d'articles a permis de réunir des résultats sur plus de 50 modalités et 230 paramètres biologiques et d'en évaluer la généricité. Au-delà d'une synthèse des connaissances, les informations recueillies constituent une base robuste pour proposer un itinéraire technique viticole vertueux pour la qualité biologique des sols et pour les fonctions écologiques sur lesquelles repose la durabilité des productions viticoles. Ce travail débouche également sur l'identification des pistes de recherche concrètes à mener à court et moyen termes dans le domaine de la qualité des sols viticoles face aux enjeux de la viticulture.

La viticulture représente un secteur d'activité agricole stratégique à l'échelle internationale qui représente environ 7,5 millions d'ha pour une production globale de vin de 293 millions d'hectolitres et un marché économique mondial qui représente 31 Mrd € (OIV, 2019). La France est le troisième pays au rang mondial en termes de surface viticole (800 000 ha), le deuxième en termes de production de vins (43,5 millions d'hl) et le premier exportateur de vins en valeurs avec un marché de 10 milliards d'€/an (OIV, 2019). Pour atteindre ces niveaux de production, la filière viticole est fortement consommatrice de produits phytosanitaires (20 % des pesticides sur 3 % des SAU en France) et de mécanisation pour l'entretien du sol (plus de 50 % des surfaces dans l'inter-rang et plus de 25 % des surfaces sous le rang en France, AGRESTE 2013). Ces pratiques ont des conséquences en termes de pollution de l'air, de l'eau et du sol, accélèrent l'érosion des sols, affectent le stockage du carbone et entraînent une érosion de la biodiversité. Ces dégradations de l'environnement se traduisent par une altération des fonctions écologiques et agronomiques des sols viticoles, remettant en cause la durabilité environnementale et économique de ces pratiques (Costantini et al., 2018).

Face à ce constat, le monde viticole, au même titre que l'ensemble du monde agricole, doit faire face à une évolution majeure, la transition agro-écologique (Wezel et al., 2009). Cette transition est un processus qui vise à rendre durable et pérenne une agriculture devenue intensive lors de l'après-guerre, en alliant des leviers issus de l'agronomie et de l'écologie. Dans cette transition, le sol représente un maillon fondamental puisqu'il est le support des productions, le moteur de la régulation de l'eau, de l'air et des ressources nutritives ainsi que le réservoir majeur de biodiversité de la planète (FAO, 2015). Ainsi, la qualité des sols et sa bonne gestion sont un bras de levier central pour tendre vers une viticulture écologiquement et économiquement durable.



## L'INDICATEUR "EMPREINTE CARBONE" : PERFORMANCES DE 9 MODALITÉS D'ENTRETIEN DU SOL

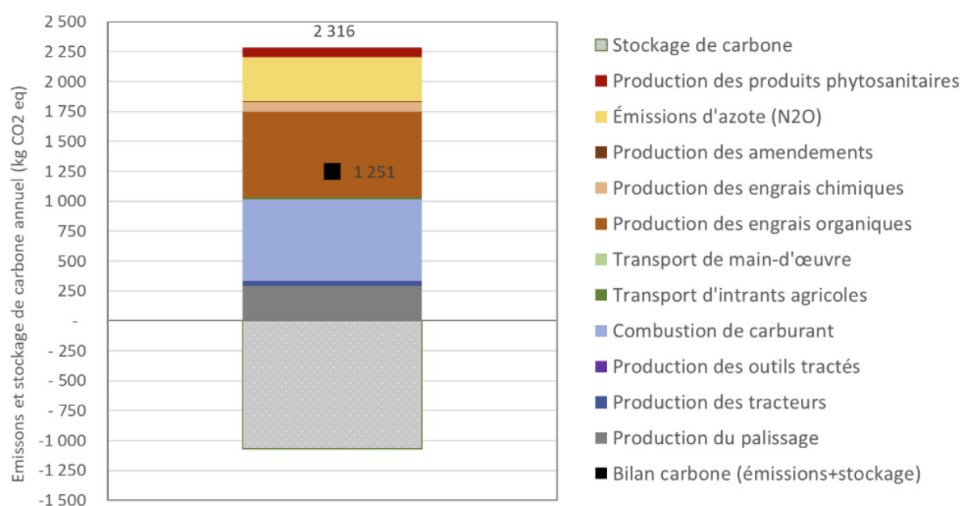
Les résultats suivants sont issus du projet MOSGA, financé par le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne. Ce projet visait :

- À recueillir des données d'empreinte carbone viticoles
- À recueillir des données techniques sur les différentes solutions de gestion de l'herbe alternatives au désherbage chimique en Bourgogne
- À comparer ces itinéraires techniques à l'aune de l'empreinte carbone

Ainsi, 26 itinéraires techniques concernant la campagne 2020 et provenant de l'ensemble de la Bourgogne viticole ont été collectés auprès de viticulteurs en 2021-2022. Les données recueillies sont les suivantes : nature des outils utilisés, nombre de passages, vitesse de travail, doses et produits utilisés, consommation de carburant, nature de la couverture végétale. Lorsque cela était possible, des documents de traçabilité ont été demandés (calendrier de traitement et plan de fertilisation par exemple).

Ces 26 itinéraires techniques ont ensuite été classés selon leur mode d'entretien du sol et ont été entrés dans un outil de calcul d'empreinte carbone. Cet outil permet de calculer à la fois les émissions de CO<sub>2</sub>eq (directes et indirectes), mais aussi la compensation par capture de carbone dans le sol (couverts végétaux, sarments, amendements).

L'analyse proposée permet de fournir des premières estimations de valeurs d'empreintes carbone viticoles, puis se focalise sur l'entretien du sol : quelle est sa contribution à l'empreinte carbone viticole totale ? quels modes de gestion de l'herbe sont les plus émetteurs ?



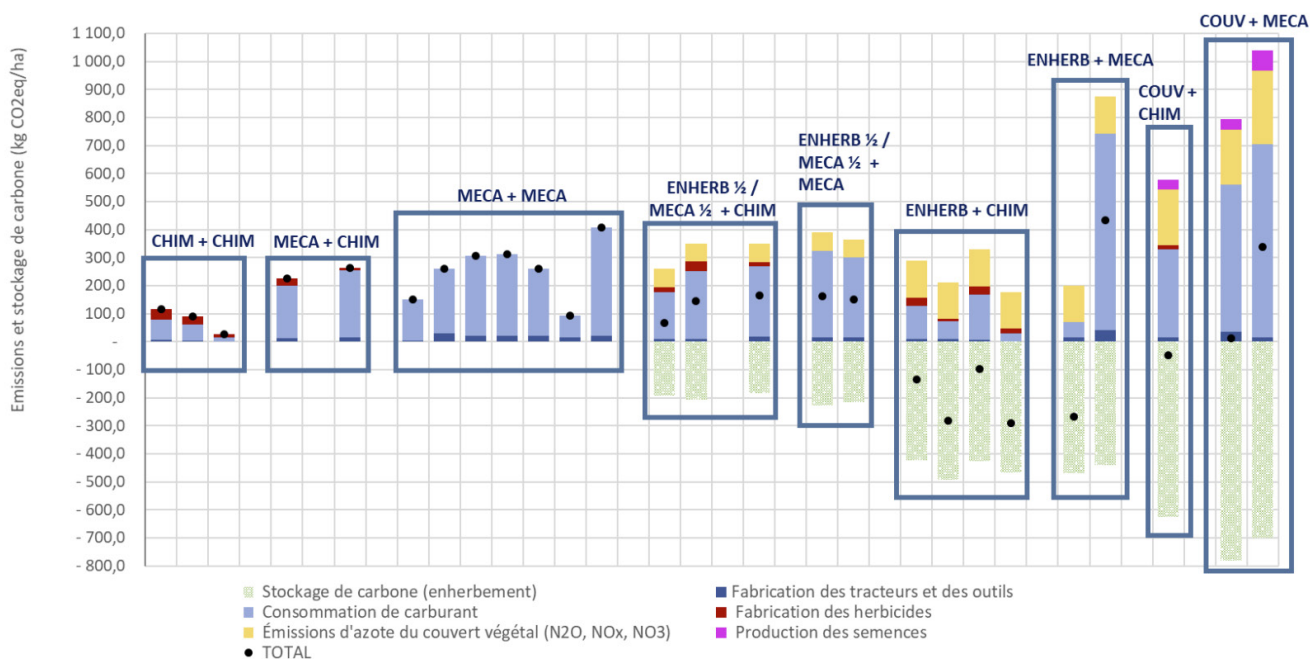
Empreinte carbone viticole moyenne de l'échantillon, Bourgogne, 2020 (UF = 1ha, méthode ILCD)

L’empreinte carbone globale moyenne calculée au sein de l’échantillon est de 1 251 kg CO<sub>2</sub>eq/ha/an. Cette empreinte carbone se décompose en des émissions de 2 316 kg CO<sub>2</sub>eq/ha/an et une capture de carbone de 1 065 kg CO<sub>2</sub>eq/ha/an. Les postes les plus émetteurs sont : la fabrication des engrais et amendements, la combustion de carburant du tracteur, et les émissions directes liées à la décomposition des engrais et matières organiques du sol. Viennent ensuite la fabrication du palissage (amortie sur 50 ans), et enfin la fabrication des produits phytosanitaires et des machines agricoles.

Lorsque l’on décompose cette empreinte carbone en grandes catégories d’opérations (fertilisation, entretien du sol, lutte phytosanitaire, travaux en verts, récolte) on constate que l’entretien du sol ne représente que 10% à 30% de l’empreinte viticole totale, et que son empreinte est grossièrement la différence entre les émissions liées à la consommation de carburant du tracteur lors des opérations de désherbage, et la capture de carbone du couvert végétal (lorsqu’il y en a un).

Si l’on compare entre elles les empreintes carbone des différentes modalités d’entretien du sol, on peut constater une variabilité importante entre les modalités. En moyenne, les modalités les plus vertueuses sont celles qui favorisent la production de biomasse végétale stockée dans le sol, tout en limitant les consommations de carburant. On observe ainsi les meilleures performances en terme d’empreinte carbone au sein de la modalité « ENHERB + CHIM » (enherbement naturel dans l’inter rang et désherbage chimique sous le rang), alors que les itinéraires les plus impactants sont ceux avec désherbage mécanique sous le rang et peu de couverture végétale.

Toutefois, il existe également une variabilité importante au sein de mêmes modalités, rendant l’analyse moyenne délicate. On explique cette variabilité par des différences dans le nombre de passages et/ou dans le type de matériel utilisé (type d’outils, puissance et consommation du tracteur, vitesse et largeur de travail).



*Empreinte carbone des différentes modalités d’entretien du sol étudiées lors de la campagne 2020 (UF=1ha, méthode ILCD)*

Ainsi, pour réduire l’empreinte carbone de l’entretien du sol dans un contexte de réduction de l’utilisation d’herbicides, on pourra miser sur des stratégies d’économies de consommation de carburant, et favoriser la production et restitution de biomasse au sol.

On rappellera toutefois que l’empreinte carbone de l’entretien du sol ne représente qu’une partie de l’empreinte carbone viticole (10% à 30%), elle-même ne représentant que 20% de l’empreinte carbone totale du vin. Une stratégie de réduction de l’empreinte carbone ne doit ainsi pas se limiter à l’entretien du sol, ni même à la vigne, mais être envisagée à l’échelle du cycle de vie complet du vin.





## QUELLES SONT LES VOIES DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE EN MATIÈRE DE GESTION DES SOLS AU VIGNOBLE

Les consommations d'énergie au niveau de la production viticole sont faibles comparées à celles générées à d'autres étapes dans la filière. Cependant, les évolutions réglementaires concernant la gestion des sols impactent fortement les dépenses d'énergie directe au travers de la mise en œuvre d'alternatives au désherbage chimique, souvent plus énergivores. Le désherbage mécanique est en effet le plus souvent mis en œuvre pour la gestion de l'enherbement au vignoble, et la dépendance au climat ainsi que l'effort demandé ont pour conséquence une augmentation sensible de la consommation de GNR.

Une demande instantanée faible mais le temps passé à la vigne joue beaucoup.

Lorsque l'on mesure la consommation horaire des outils de désherbage mécanique intercepts, on observe une forte variabilité entre outils, d'une part, et d'autre part, on constate qu'elle n'est pas très élevée (entre 2 L/h et 7 L/h). Le binage sous le rang n'est pas très énergivore. En revanche, ramenés à l'hectare désherbé sur la saison, les chiffres sont plus impressionnants : 16 à 33 L /ha et par passage, que multiplie le nombre d'interventions nécessaires, entre 5 et 7 en général. Le temps passé à réaliser l'opération impacte beaucoup le bilan.

Les trois piliers de la réduction de la consommation d'énergie, dans tous les domaines, sont : l'optimisation, l'innovation et la sobriété.

Dans notre cas de figure, l'optimisation consiste à faire mieux avec ce que l'on a, sans grand changement structurel et avec peu d'investissements : pour cela, les combinaisons d'outils permettent de limiter le caractère spécifique d'une intervention de désherbage mécanique. De meilleurs réglages autorisent souvent une vitesse de passage plus élevée qui est toujours favorable à la diminution de la consommation par hectare, et l'anticipation des interventions permet de gérer plus facilement les adventices, facilitant les réglages, le débit de chantier et l'efficacité. L'entretien du matériel, tracteur et outils, est également un élément favorable.

L'innovation est une autre voie de réduction des consommations énergétiques : en matière de désherbage mécanique, nous pouvons identifier trois niveaux d'innovations :

- Sur le matériel (châssis double intercept par exemple : réduction du temps de travail avec impact direct sur la consommation par hectare ; ou autoguidage Braun)
- Sur la traction : il existe des motorisations thermiques plus performantes et adaptées aux exigences du travail précis du désherbage mécanique sous le rang.
- L'électrification de la traction apporte un plus en termes d'efficacité de l'énergie brute utilisée : 90% contre 30 à 40% en thermique.
- La robotique, qui utilise beaucoup moins de puissance que les tracteurs classiques et qui en plus s'oriente majoritairement sur une traction électrique.



La sobriété, enfin, doit être envisagée sous plusieurs angles, en dehors de la dépendance aux aléas climatiques :

Des choix structurels sur l'exploitation (itinéraire technique, plantation) permettent de réduire les passages ou d'utiliser des matériels moins énergivores : la maximisation de la présence des couverts et le moindre recours au travail du sol sont favorables à la baisse des consommations.

Réduire la consommation de chaque passage par le raisonnement agronomique et un bon positionnement (outils, réglages, combinaisons).

**CHRISTOPHE GAVIGLIO**  
IFV PÔLE SUD-OUEST

