

Changement climatique en Bourgogne : les leviers d'actions du secteur vitivinicole

— #6 | NOVEMBRE 2021 —

LES CAHIERS
DU PÔLE TECHNIQUE & QUALITÉ







Ce cahier est le dernier d'une série de trois sur le changement climatique en Bourgogne. Après avoir présenté les effets observés du changement climatique dans le premier puis traité des leviers d'adaptation dans le second, celui-ci pose la question de l'atténuation de notre empreinte carbone indispensable à notre avenir si nous souhaitons que notre modèle de production perdure.

Nous venons de vivre un millésime marqué par la violence de l'épisode de gel du mois d'avril qui aura généré l'une des plus petites récoltes jamais enregistrée en Bourgogne. Cet accident climatique, consécutif à des températures estivales fin mars, montre l'urgence à modifier nos pratiques dans une optique de diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Pour s'adapter, des leviers d'actions sont identifiés tant sur les pratiques œnologiques viticoles que la gestion des risques climatiques. Leur mise en œuvre est parfois complexe mais ils ont le mérite d'exister.

Certains vont nécessiter la mise en œuvre d'actions collectives comme la lutte contre le gel par exemple, mais la plupart relèvent d'actions individuelles dont le choix sera la résultante d'une analyse multicritère associant efficacité, coût, et impact environnemental dont l'émission de GES.

L'atténuation, qui détermine le long terme, n'est possible que si toute notre filière s'engage, de la production des plants jusqu'au transport sur les lieux de consommation.

Voilà pourquoi le BIVB a lancé il y a quelques semaines un projet très ambitieux visant à identifier les trajectoires de réduction possible de nos émissions de carbone afin de pouvoir imaginer les neutraliser à l'horizon 2050. Cet objectif n'est atteignable que si dès à présent nous inscrivons nos exploitations dans ce projet.

Réimaginer et jauger nos gestes de production avec cet indicateur carbone sont les clés indispensables pour la préservation de nos vins et de nos terroirs.

A chacun désormais de mesurer son empreinte environnementale et de s'engager vers la neutralité carbone.

— Frédéric Drouhin

Sommaire

4 **Le changement climatique transforme la filière vitivinicole à l'échelle mondiale**

8 **Leviers d'adaptation des pratiques œnologiques**

15 **Gestion des risques climatiques**

17 **La biodiversité fonctionnelle**

19 **De l'évaluation de son empreinte environnementale à l'atténuation du changement climatique**

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE TRANSFORME LA FILIÈRE VITIVINICOLE À L'ÉCHELLE MONDIALE

Dans le cadre d'une vaste enquête, l'université de Geisenheim a interrogé à la mi-2019 **plus de 1700 experts viticoles issus de 45 pays** au sujet de l'économie et des marchés de la filière vitivinicole à l'international. L'étude comprend toute la chaîne de valeur du vin. Ils ont interrogé autant des producteurs (domaines, caves, coopératives) que des intermédiaires (exportateurs et importateurs) et des distributeurs (grossistes, revendeurs, hôteliers et restaurateurs).

L'analyse des résultats de cette enquête montre qu'à court terme la situation du vin sur les marchés internationaux se verra confrontée aux **défis de la politique sanitaire,**

de la situation économique globale et aux obstacles croissants au commerce. À long terme, le changement climatique imposera de grands défis, dont les effets sont déjà observés par les acteurs de la filière ces cinq dernières années.

Les plus concernés par le changement climatique sont les producteurs de raisin et les vinificateurs. La baisse et l'instabilité des rendements (constatés par plus de la moitié des producteurs de raisin) ont entraîné de fortes variations des prix sur la matière première.

Les leviers d'action évoqués par les acteurs sont restreints, puisqu'ils sont dans la plupart des cas liés à leur vignoble (changements des



pratiques viticoles, modification de la gestion de la vendange, adaptation des procédés œnologiques et utilisation de l'irrigation). Pour l'avenir, on prévoit **un grand besoin en nouveaux cépages plus tolérants à la chaleur et au manque d'eau** (un tiers des producteurs s'attend à ce que l'utilisation de cépages plus adaptés au climat devienne nécessaire d'ici à 2030). Au-delà

de ces mesures d'adaptation dans les zones viticoles existantes, la viticulture s'exilera aussi de plus en plus dans des zones plus fraîches situées en altitude ou plus loin de l'équateur : **le passage à d'autres surfaces cultivables d'ici 2030 n'est pas (encore) pertinent pour 45 % des producteurs, mais 27 % ont déjà pris de telles mesures ou les prévoient.**

La majorité des répondants,

autant des distributeurs que des négociants - vinificateurs, indique que les profils sensoriels des vins ont changé. Ils s'attendent à ce qu'ils changent encore et de manière plus importante dans les dix prochaines années. Les effets du changement climatique sur la viticulture se transmettent à travers toute la chaîne de valeur et à tous les acteurs de la branche du vin.



Au cours des cinq dernières années, il y a eu des gagnants (23 %) et des perdants (35 %) économiques du changement climatique. Pour les dix prochaines années, ce sont surtout les coopératives (53 %) et les caves (44 %) qui s'attendent à un recul fort ou très fort de leur rentabilité à cause du changement climatique.

Outre les producteurs, les intermédiaires impliqués dans la commercialisation et les exportateurs sur les marchés internationaux, sont les plus exposés aux risques dus à l'augmentation de la variabilité des prix, des quantités et des qualités du vin. D'ici à 2030, entre la moitié et les deux tiers des acteurs s'attendent à une augmentation des risques. Cela se traduira par de nouvelles formes de contractualisations avec les producteurs ou par le changement de fournisseurs ou d'origines géographiques mais aussi par une

rentabilité réduite.

Les acteurs du secteur ressentent un grand besoin d'amélioration de la durabilité de la filière. Les producteurs de vin voient la réduction de l'utilisation d'eau et d'énergie, et de ce fait la diminution de l'empreinte carbone, comme la plus importante mesure d'adaptation. Le grand défi est de convaincre également le consommateur de l'utilité d'un vin durable. Des standards partagés au sein de la filière, combinés à des campagnes d'information et de sensibilisation, peuvent être une solution pour y parvenir.

Les perspectives économiques de la filière se sont assombries du fait des défis conjoncturels et des barrières commerciales. De plus, les difficultés économiques rencontrées par les producteurs sont également liées à une forte

volatilité des quantités récoltées et des prix. Poursuivre son adaptation aux effets du changement climatique est un défi pour le secteur viti-vinicole⁽¹⁾.

Le projet Laccave (2012-2021) : une initiative unique⁽²⁾

Ce projet fédère les acteurs de la recherche en France qui travaillent sur l'adaptation du secteur vigne et vin au changement climatique. Les travaux menés dans différentes disciplines (climatologie, écophysiologie, génétique, agronomie, pathologie végétale, œnologie, économie, sociologie, géographie, mathématiques) ont conduit une démarche prospective pour la filière à horizon 2050. Le projet intègre également des scientifiques à l'international.

Le résultat de ce travail est la définition de quatre stratégies d'adaptation possibles (voir figure) : vers une stratégie « conservatrice » où les évolutions sont limitées, vers une stratégie « nomade » où le déplacement des vignobles est le vecteur d'adaptation privilégié,

vers une stratégie « innovante » où l'adaptation se fait par l'intégration systématique des innovations, et enfin vers une stratégie « libérale » largement ouverte aux changements de toutes natures.

Des journées de présentation et de travail ont eu lieu dans les différentes régions viticoles pour interagir sur les scénarios avec les acteurs de la filière et notamment à Mâcon le 28 mars 2017 pour les vignobles de la Bourgogne et du Beaujolais.

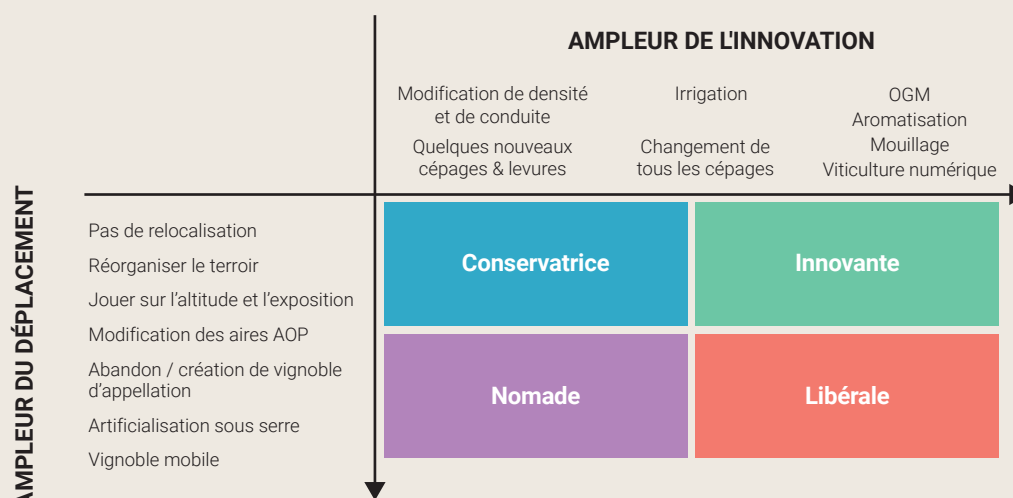
À l'issue de la journée, les participants ont été amenés à se prononcer sur les attitudes stratégiques à adopter pour chacune des trajectoires présentées. Faut-il être proactif pour favoriser ou défavoriser l'une de ces stratégies, faut-il se préparer à l'une d'entre elles ou bien faut-il seulement être vigilant

à l'advenue de l'une d'elles ?

Près de 47 % des participants ne sont pas favorables à la stratégie conservatrice et plus de 82 % ont exprimé le souhait de favoriser la stratégie innovante. Ils ont rejeté fortement la stratégie nomade mais près de 27 % considèrent qu'il faut être attentif face à sa mise en place potentielle. Enfin, plus de 50 % ont considéré qu'il fallait agir pour empêcher l'advenue de la stratégie libérale.

Ce travail a fait l'objet d'un plan de 40 actions prioritaires réparties en 7 domaines. Ces actions constituent la feuille de route de la filière Vin à l'échelle nationale.

Télécharger la note
stratégique :
<https://bit.ly/strategie-filiere-viticole>



Les stratégies d'adaptation ont été construites en croisant deux dimensions :
l'ampleur de l'innovation dans le secteur et l'ampleur du déplacement du vignoble

LEVIERS D'ADAPTATION DES PRATIQUES ŒNOLOGIQUES

Un OAD pour anticiper les dates de récoltes

Le changement climatique impacte déjà la viticulture, et en particulier la maturation des baies : précocité accrue des vendanges, augmentation de la teneur en sucre, baisse de l'acidité totale dans le moût, profil et typicité des vins... Maîtriser son produit fini est devenu plus que jamais un objectif clé pour le viticulteur, et a fortiori pendant la véraison.

Durant cette période, il s'agit d'anticiper les vendanges et de suivre au plus près l'évolution de la maturité : le Vinipôle Sud Bourgogne et le BIVB, en partenariat avec la Fédération des Caves Coopératives ont développé un outil d'aide à la décision pour prévoir la date de récolte (quel que soit le cépage ou la zone géographique). On sait que la teneur en sucre et l'acidité totale des baies varient très fortement au fur et à mesure de la maturité, mais le rapport entre les deux, l'Indice de

Maturité (IM), lui, évolue selon un modèle bio-statistique. La prédiction de cette évolution, et donc des dates de vendanges est alors possible.

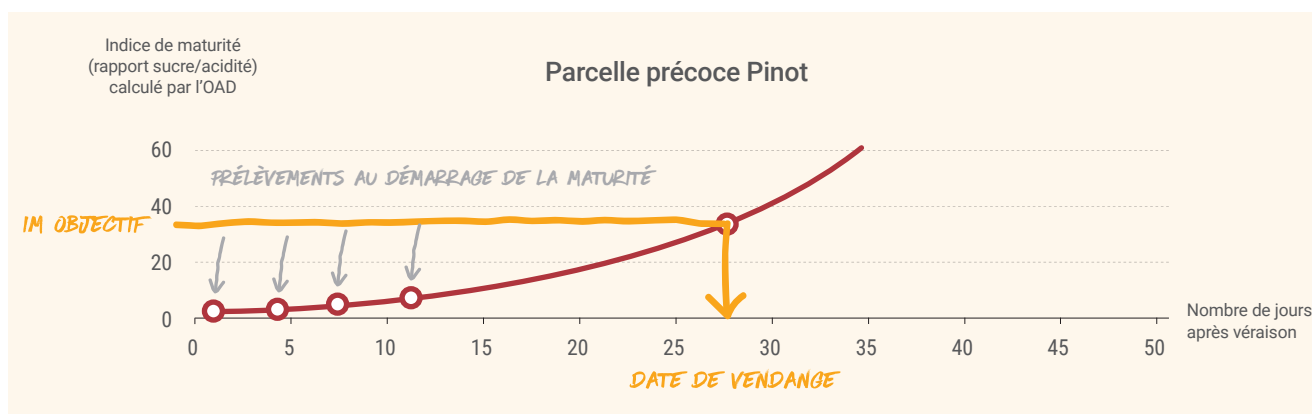
Sur chaque parcelle suivie, trois prélèvements sont effectués au démarrage de la maturation à 3-4 jours d'intervalle et un prélèvement correctif 10 jours plus tard, ce qui permet d'obtenir plusieurs éléments : un suivi très en amont de la cinétique de la maturation, en lien avec l'année, et une date estimative de la date de vendange, selon un IM objectif. De fait, l'OAD se présente sous la forme d'un calculateur simple d'utilisation, il suffit de renseigner les valeurs d'IM au fur et à mesure des prélèvements. Le modèle prédictif permet alors de donner par parcelle la date de vendange et la courbe d'évolution de l'IM.

Les résultats sont prometteurs : dès le démarrage de la véraison, par parcelle, une première tendance

se dessine, et 15 jours avant les vendanges, une date plus précise est calculée. En 2020, l'évolution rapide de la maturation en Pinot a très vite été mise en lumière, et l'OAD a permis, lorsque c'était possible, de pouvoir vendanger avant les créchants (Chardonnay).

Les perspectives pour la suite sont nombreuses, notamment concernant l'évolution du profil aromatique au cours de la maturation. Un outil en ligne est en cours de développement et sera mis à disposition sur le site du BIVB lors de la campagne 2022. Chaque viticulteur pourra ainsi l'utiliser afin d'anticiper ses dates de récoltes.

— Article rédigé par Thomas Canonier, conseiller sur le climat, Vinipôle Sud Bourgogne.





Effet de l'avancée de la maturation

Les données disponibles s'accordent sur le fait que le réchauffement climatique a des conséquences importantes sur les caractéristiques des vins produits dans de nombreux vignobles à travers le monde. Dans le vignoble bourguignon, l'Observatoire du Millésime du BIVB suit depuis 1988 la composition physico-chimique des baies et des moûts : les résultats montrent que si les millésimes antérieurs aux années 90 sont caractérisés par une forte acidité et une teneur en sucres plus faible, les millésimes les plus récents sont, a contrario, plus riches en sucres avec une acidité plus faible (voir page 8 cahier #4 – Les effets du changement climatique en Bourgogne). Les vins des millésimes les plus chauds peuvent alors paraître déséquilibrés en bouche dans les deux couleurs. Les conséquences du stress hydrique ne se limitent pas à la production de vins avec des acidités trop basses ou des teneurs en alcool

excessives. En effet, l'augmentation attendue du stress hydrique sur la vigne (voire des épisodes de sécheresse) va entraîner un plus faible poids de baies (diminution des rendements), de fait moins riches en acide malique, mais plus riches en polyphénols, le tout assorti d'un degré de maturation plus faible des pépins⁽³⁾.

De telles modifications des teneurs en constituants du raisin peuvent conduire à plusieurs difficultés en vinification. L'achèvement des fermentations alcooliques peut être difficile, surtout en flore indigène. Cela peut entraîner des risques d'arrêts de fermentation (qui nécessitent cette fois d'utiliser des levures sèches actives pour faire repartir ces fermentations). Un pH accru implique aussi une perte d'efficacité des sulfites ajoutés et peut entraîner des risques de déviations microbiologiques.

Ce risque très prégnant dès les premières étapes de fermentation perdure pendant l'élevage⁽⁴⁾, surtout

en rouge, d'autant plus que la tendance est à la diminution, voire la suppression du SO_2 . Les pH élevés ont aussi des conséquences sur la stabilisation de la matière colorante des vins et sur l'efficacité des collages. Sous l'effet du stress hydrique, on constate également

une augmentation de la teneur en anthocyanes, en composés phénoliques et une teneur plus faible en glutathion dans les moûts. Dans ces conditions il est vraisemblable que des phénomènes d'oxydation plus prononcés des moûts soient constatés, potentiellement

associés à une moins bonne conservation des vins⁽³⁾.

Pour éviter d'éventuelles déviations la maîtrise de la température de la vendange est importante. L'ajout d'anti-oxydants peut également être pertinent.



Acidité des vins blancs dans un contexte de changement climatique : un nouveau réseau de vignerons bourguignons

En Bourgogne, le BIVB lance, avec l'IFV, en 2021 un réseau de professionnels sur le sujet de l'acidité des moûts et des vins.

L'objectif ? Evaluer, avec les vignerons, des pratiques œnologiques en vue de la préservation de l'acidité dans les vins blancs de Bourgogne. Les techniques envisagées se veulent alternatives à l'utilisation d'intrants tels que l'acide

tartrique : levures acidifiantes, utilisation des verjus, blocage de la fermentation malolactique, assemblage avec des cépages accessoires, techniques membranaires... Les membres du réseau définiront ensemble leurs attentes vis-à-vis de l'acidité des vins et échangeront sur l'acceptabilité et la faisabilité des différentes techniques possibles. Au-delà des aspects techniques,

analytiques et sensoriels, les différentes pratiques seront évaluées d'un point de vue économique.

Contactez-nous si vous souhaitez être associé à ce travail et faire partie du réseau !

Quelles sont les conséquences du changement climatique sur le chêne?

Chêne pour les fûts

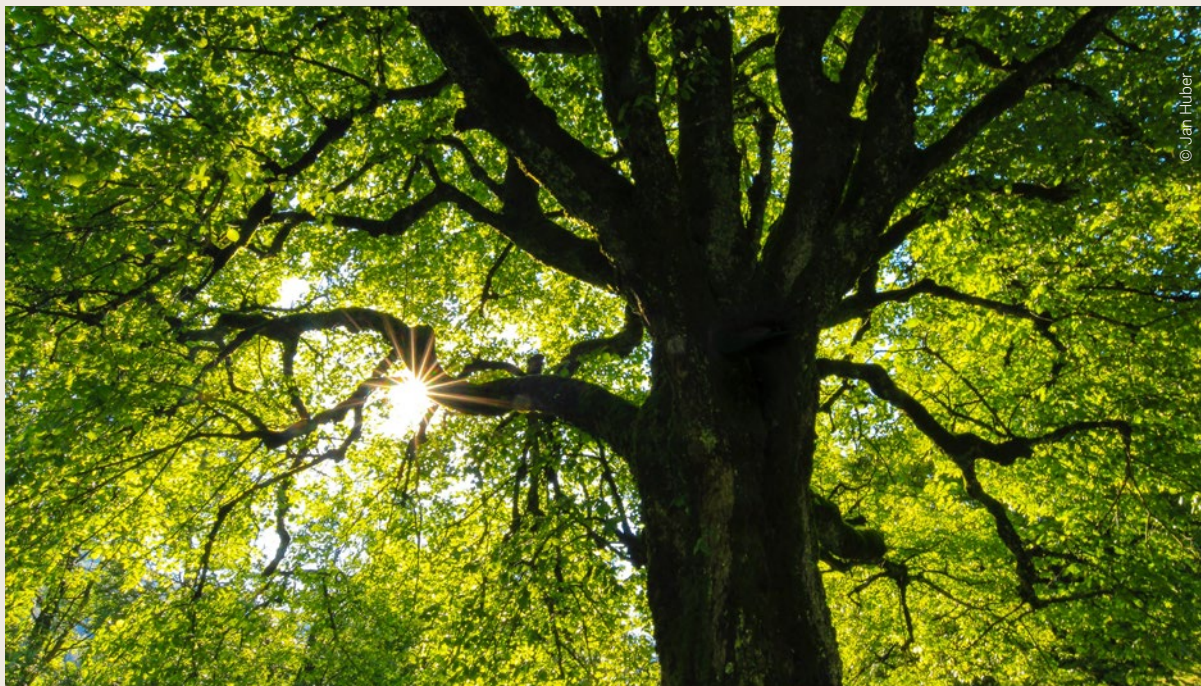
L'évolution des conditions météorologiques et des niveaux de dioxyde de carbone peuvent affecter le développement et la qualité du chêne, le bois utilisé pour les fûts. Des études menées sur plusieurs espèces de chêne indiquent que l'augmentation du CO₂ atmosphérique peut accélérer la production de biomasse à des niveaux deux fois plus élevés que les niveaux précédemment observés⁽⁵⁾. La taille et le nombre de vaisseaux conducteurs dans le bois augmentent, modifiant le grain du bois et ses caractéristiques mécaniques. Les résultats interrogent quant aux conséquences que cela aura pour

les vinificateurs. Des mesures ont également montré une diminution de la concentration en tanins (ellagitanins) dans le bois. Cette réduction peut affecter la qualité globale du vin en fût en diminuant les tanins libérés dans le vin fini⁽⁵⁾.

Chêne-liège

Concernant le liège, une étude publiée en 2020 a montré que des conditions de sécheresse survenant pendant la croissance du liège n'affectent pas la proportion des principaux composants du liège. En termes pratiques, l'augmentation potentielle des sécheresses résultant des changements climatiques ne compromettra

pas les performances du liège comme agent d'étanchéité pour les bouteilles de vin⁽⁶⁾. A noter que des conditions de sécheresse altèrent le rendement des arbres. Une autre étude portant sur le chêne liège méditerranéen (*Quercus suber* L.) a toutefois mis en évidence via des modèles prévisionnels, une contraction de l'aire de répartition potentielle des espèces au cours du XXI^e siècle. Les modèles prévoient des déplacements d'aires vers le nord et en altitude sur certains secteurs (péninsule ibérique et Afrique du Nord) alors que d'autres sont amenés à disparaître⁽⁷⁾.



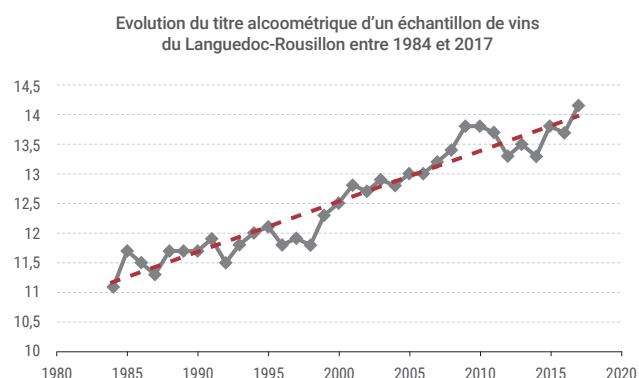
Utilisation de la biotechnologie microbienne

Que ce soit pour préserver la qualité des vins ou pour répondre à la demande du marché, la filière cherche activement des moyens de faciliter la production de vins à plus faible concentration d'alcool. Parmi les adaptations possibles, la voie microbiologique présente une opportunité intéressante pour réduire la teneur en alcool des vins tout en préservant leur qualité et l'intégrité aromatique.

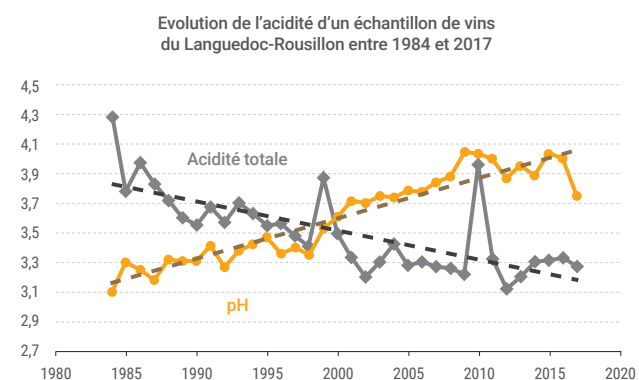


Témoignage dans une autre région viticole

Depuis 1984 en Languedoc-Roussillon, on constate une évolution du titre alcoométrique moyen passant de 11 % vol. à plus de 14 % vol. (voir figure).



En parallèle, le pH a progressé de 3,1 à plus de 3,7 et l'acidité totale a diminué de 4,3 à 3,3 g/LH₂SO₄ (voir figure).



Source : Laboratoires Dubernet

Si cette évolution s'explique en partie par l'évolution de l'encépagement dans la région, elle est également une conséquence du changement climatique.

Une fois ces constats réalisés, une stratégie d'adaptation doit être déployée au vignoble mais aussi au chai. En effet, comme vu précédemment (ndrl : voir article page 9) l'augmentation de la teneur en alcool et la progression du pH implique, outre l'impact aromatique, un risque microbien accru ; l'augmentation des piqûres lactiques pendant la fermentation alcoolique en est une bonne illustration.

Ainsi, la biotechnologie microbienne fait partie de la panoplie d'outils à notre portée pour lutter contre ces impacts.

Concernant la progression de la teneur en sucres dans les raisins et, in fine, du degré alcoolique dans les vins, de nombreux essais ont été mis en place afin de sélectionner des *Saccharomyces Cerevisiae* les moins productrices d'alcool, en favorisant par exemple d'autres chemins métaboliques que la production de ce dernier sans modification génétique.

Une souche en particulier a été sélectionnée pour sa capacité à utiliser plus de sucres dans la production de glycerol, ainsi que d'autres molécules alternatives, aux dépens de la production d'éthanol et de dioxyde de carbone. La fermentation du moût à l'aide de cette souche a permis d'obtenir un vin présentant une réduction d'éthanol de 1,3 %⁽⁸⁾. Selon notre expérience, l'efficacité des levures présentées comme réductrices



du taux d'alcool pendant la fermentation alcoolique n'est pas encore suffisante. En revanche, elles ont plusieurs autres qualités parmi lesquelles une moindre production d'acidité volatile, ou encore l'augmentation du glycérol et de l'acidité des vins.

Concernant l'acidité, plusieurs souches ont été sélectionnées pour leur capacité à produire des acides. C'est ainsi que nous utilisons régulièrement des levures non saccharomyces de type *Lachancea Thermotolerans* chez les vigneron·nes depuis quelques années déjà. Ces souches ont la capacité de produire de l'acide lactique, parfois même en grande quantité. La mise en œuvre est très facile, il faut commencer par inoculer le moût avec *Lachancea Thermotolerans*, puis après 2 à 3 jours de fermentation, on peut procéder à la seconde inoculation avec une *Saccharomyces cerevisiae*.

L'évolution climatique nous impose de réfléchir à de nouvelles stratégies pour contrer les effets qu'elle a sur les vins, notamment sur la tendance à la concentration plutôt qu'à la maturation. Ce travail peut avoir lieu en cave, notamment à l'aide de la biotechnologie microbienne. Mais il doit également avoir lieu au vignoble (voir cahier #5 - Changement climatique en Bourgogne : les leviers d'adaptation à la vigne).

— Article rédigé par Claire Menneteau, œnologue associée Laboratoire Natoli & associés.

Dans l'UMR PAM (Institut Universitaire de la Vigne et du Vin Jules Guyot) nous avons conduit en partenariat avec la société SOFRALAB des travaux de recherche visant à diminuer par voie biologique la teneur des vins en alcool.

*Dans une première étape, nous avons fait un screening de nombreuses souches œnologiques parmi les non-Saccharomyces pour sélectionner une souche de levure à faible rendement fermentaire. Cette première phase a abouti à la sélection d'une levure appartenant à l'espèce *Starmerella bacillaris*. Dans un second temps, nous avons défini les conditions permettant d'optimiser la réduction de la concentration en alcool des vins, en jouant sur les paramètres d'oxygénation et de nutrition. En effet, l'oxygénation permet de favoriser la formation de biomasse au détriment de la synthèse d'alcool. Cette optimisation nous a permis de réduire à l'échelle du laboratoire et à l'échelle expérimentale la concentration en alcool des vins de deux degrés d'alcool. Des essais grandeur réelle, sur différentes matrices (rouge, blanc) ont confirmé que l'utilisation de la souche sélectionnée de *Starmerella bacillaris* en inoculation séquentielle avec une souche de *Saccharomyces cerevisiae*, avec un protocole de nutrition et d'oxygénation adapté permettait une baisse d'au moins deux degrés de la teneur en alcool des vins.*

Cette solution développée à l'UMR PAM (IUVV) dans le cadre de la thèse d'Antoine Gobert en collaboration avec SOFRALAB constitue un nouvel outil pour la filière pour garder un bon équilibre des vins malgré la richesse initiale en sucres.



Pr Hervé Alexandre

UMR PAM, Laboratoire Valmis - Institut Universitaire de la Vigne et du Vin Jules Guyot - Université de Bourgogne

Les technologies de désalcoolisation partielle des vins

Que dit la réglementation ?

La correction du degré alcoolique sur vin fini est autorisée par la loi, à hauteur de 20 % du degré initial. C'est une pratique soumise à simple déclaration, et qui doit être renseignée dans le registre de cave. Pour les vins d'appellation, il s'agit bien entendu de vérifier que le décret ne l'interdise pas, et de veiller à rester au-dessus du degré plancher de l'appellation. A noter, la désalcoolisation ne pourra pas être mise en œuvre sur un produit ayant été enrichi⁽⁹⁾. Quant au procédé de désucrage des moûts, il est autorisé (règlement (UE) 2019/934) dans la mesure où aucun ajout exogène d'eau ne vient compenser la perte de volume, cet ajout d'eau exogène étant interdit dans l'Union Européenne.

Les procédés visant à diminuer le taux d'alcool d'un vin avant commercialisation, consistent à extraire de l'alcool sur vin fini ou désucrer les moûts avant FA via des méthodes physiques ou par voie biologique.

Procédé membranaire d'osmose inverse

L'osmose inverse est une nanofiltration qui permet d'éliminer le perméat, un mélange d'eau et d'alcool, avec d'autres petites molécules, comme les acides organiques ou le potassium. Il est nécessaire d'éliminer l'alcool de ce perméat et réintroduire l'eau ainsi récupérée dans le vin traité. Il existe alors deux procédés pour séparer l'alcool du reste du perméat, la distillation ou le contacteur à membrane.

Evaporation sous vide / Distillation à très basse température / Stripping

Il s'agit de séparer l'alcool et les arômes du vin grâce à un principe de distillation. Cette technologie utilise le principe d'évaporation sous vide en couche mince dans des colonnes de distillation à garniture en vrac ("packing"). Grâce à la mise sous vide de l'installation, le point d'ébullition des composés volatils (tel que l'alcool ou les arômes) est diminué, ce qui permet de ne chauffer le produit qu'entre 35 °C et 50 °C.

Colonne à cônes rotatifs (CCR) / Spinning Cone Column (SCC)

Très utilisée aux USA et en Australie, la technologie "Spinning Cone Column" ou "Colonne à cônes rotatifs" utilise le principe d'évaporation sous vide en couche

mince créée par la rotation de cônes. Ensuite, le principe est le même que la distillation à froid avec un chauffage du produit autour de 50 °C.

Ces techniques peuvent être couplées pour obtenir de l'alcool qualitatif pouvant être revendu.

Le désucrage des moûts

Ce procédé physique intervient en amont de la fermentation alcoolique. La technique consiste à filtrer le moût (nanofiltration seule ou couplée à ultrafiltration) pour obtenir un concentrat de sucre (de l'ordre de 450 g/l de sucre). Cette technique est lourde à mettre en œuvre et entraîne des pertes de volume importantes (de l'ordre de 7% par degré) mais elle est globalement respectueuse du produit et des composés, ce qui donne par la suite des vins d'une qualité équivalente à ceux non traités.

Une méthode de désucrage par voie biologique est actuellement en phase d'expérimentation par l'IFV. La technologie utilisée consiste à apporter au moût dont on veut abaisser le degré alcoolique une fraction de ce même moût préalablement désucré par une voie biologique : les levures sont placées en aérobiose afin de favoriser la multiplication cellulaire (fabrication de biomasse) et réfréner la fermentation alcoolique.



GESTION DES RISQUES CLIMATIQUES

Une palette de moyens de lutte

Comme abordé dans le cahier #4 - Les effets du changement climatique en Bourgogne, le changement climatique a pour conséquences une plus grande fréquence et une plus grande intensité d'événements climatiques extrêmes tels que les vagues de chaleur ou encore les précipitations intenses. Les résultats scientifiques s'intéressant à l'évolution du risque de gel ou de grêle sont contradictoires et enclins à une forte incertitude. Mais il reste qu'une évolution vers une hausse de la

fréquence et/ou de l'intensité de ces événements n'est pas écartée. Aussi la prévention de ces risques climatiques est essentielle.

Plusieurs moyens sont disponibles pour lutter contre le gel. Le BIVB a édité une plaquette référençant tous ces moyens de lutte.

Retrouvez la plaquette
sur la lutte contre le gel
en cliquant sur ce lien :
https://bit.ly/plaquette_lutte_gel



Deux types de lutte contre le gel ont été référencés.

Tout d'abord la lutte passive qui consiste à tenir compte du risque de gel dès la plantation : choix du site d'implantation, choix du matériel végétal en fonction du site, mode d'entretien du sol, baissage tardif des baguettes.

La lutte active, quant à elle, est divisée en 4 familles :

- L'aspersion,
- Le brassage d'air (tour antigel, hélicoptère...)
- La protection par chauffage : bougies, FrostGuard, FrostBuster, fils chauffants. Le BIVB tient à rappeler que le brûlage de paille produit des particules de fumée trop petites pour bloquer la radiation, seule la chaleur dégagée par les feux offre une petite protection.
- Autres méthodes : bâches antigel mais elles ne sont pas encore autorisées par l'INAO. Une nouvelle expérimentation a eu lieu de 2018 à 2020, la décision

de l'INAO est toujours en attente.

Le BIVB met à disposition de ses adhérents un accès aux prévisions météorologiques spécifiques au vignoble sur son site Extranet (<http://extranet.bivb.com>).

La prévention des risques de grêle passe en premier lieu par la détection d'un orage de grêle, par l'utilisation de radars météorologiques à impulsions, par les services d'alerte météorologiques et par la reconnaissance visuelle de nuages.

Il existe plusieurs moyens de lutte contre la grêle :

- Générateur à vortex : l'ensemencement des nuages avec de l'iodure d'argent permet de multiplier les embryons grêlex et d'éviter qu'ils atteignent une taille trop importante.
- Filets paragrêle : les filets « mono-rang verticaux » placés de part et d'autre de la vigne sont autorisés en AOC et IGP par l'INAO depuis le 20 juin 2018. L'utilisation de ces filets par les viticulteurs ne pourra

se faire qu'après modification du cahier des charges par les ODG de chaque appellation.

- Assurances « dommage grêle » : elle limite l'incidence économique d'un épisode dévastateur.
- Il est aussi possible d'orienter les rangs par rapport aux vents dominants, taille longue.

A noter que l'efficacité des canons anti-grêle (à ne pas confondre avec les générateurs à vortex) n'a jamais été démontrée.

Il existe également des outils de régulation des volumes qui permettent d'anticiper ou d'amortir les pertes liées aux événements climatiques : la réserve interprofessionnelle, le Volume Complémentaire Individuel (VCI), le Volume Substituable Individuel (VSI).

Cette plaquette date de 2018 et depuis de nouvelles technologies ont vu le jour même si elles n'ont pas toutes été éprouvées. Il existe donc un potentiel dans le développement de nouvelles méthodes de lutte.

EN RÉSUMÉ

Méthodes de lutte	Gelée blanche	Gelée noire	Gel advectif	
Aspersion				Très efficace
Tour antigel				Efficace
Hélicoptère				Efficacité limitée
Fuel pulvérisé / Combustion de gaz				Non efficace ou non applicable
Bougies / Bûches				
Fils chauffants (si végétation peu avancée)				
Brûlage paille				

Toutes ces méthodes perdent en efficacité si les vents atteignent ou dépassent 8 km/h et deviennent inefficaces au-delà de 16 km/h.



LA BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE

Un outil alliant adaptation
et atténuation au
changement climatique

La biodiversité fonctionnelle désigne l'ensemble des espèces qui contribuent à des services écosystémiques dans un agroécosystème tel que l'amélioration de la fertilité des sols, le stockage du carbone, la régulation des ravageurs et la régulation du cycle hydrologique et du microclimat. Autrement dit, c'est la biodiversité utile aux viticulteurs !

Aménagements en abords de parcelle

A l'échelle d'un îlot ou d'un coteau, l'implantation de zones tampons aura un rôle essentiel de protection des eaux. Qu'elles soient enherbées ou boisées, elles incluent, outre les bandes enherbées proprement dites, des prairies permanentes, des talus, des haies, des ripisylves, des bois, et tout ce qui correspond à une couverture environnementale permanente sur le sol. Ces aménagements vont modifier les flux d'eau en surface et dans le sol.

Gestion de l'inter rang

Avec le changement climatique, la modification du régime des pluies (hausse des précipitations pendant l'hiver, baisse des précipitations pendant l'été) (voir cahier #4) et l'augmentation probable de la fréquence des précipitations intenses induiront notamment un accroissement de la contrainte hydrique subie par la vigne et une plus forte érosion des sols.

Dans ce contexte, les techniques de gestion de l'inter-rang offrent de multiples possibilités pour diminuer l'érosion et améliorer la disponibilité en eau pour la vigne.

L'enherbement des rangs ou la couverture du sol par un mulch offre plusieurs avantages : limiter l'érosion

des sols par l'enracinement des semis et de la vigne en profondeur. C'est aussi un potentiel apport en nutriments pour les vignes. L'enherbement permet aussi de diminuer la température de surface et améliorer l'infiltration de l'eau. Enfin, l'utilisation de couverts végétaux évite le recours au désherbage chimique.

C'est pourquoi un projet portant sur les couverts végétaux et les engrais verts en vignobles à hautes densités a été soutenu financièrement par le BIVB en 2019. Il a pour objectifs de tester la faisabilité de la technique dans le vignoble bourguignon et de fournir aux viticulteurs un ensemble d'informations fiables, validées et reproductibles, sur la démarche de mise en œuvre des couverts végétaux et engrais verts, à partir d'approches expérimentales (plate-formes) et pratiques (réseau de parcelles viticulteurs). Cf fiche couverts végétaux : https://bit.ly/couvertsvege_bien_debuter

Biodiversité et régulation des ravageurs

On attribue à la biodiversité différentes fonctions dont celle de réguler les organismes nuisibles en agriculture. Cette biodiversité fonctionnelle permettrait dans certains cas une moindre utilisation des produits phytopharmaceutiques. Bien qu'il ait été montré sur d'autres cultures que le contexte paysager peut influencer les populations d'insectes ravageurs, d'auxiliaires et leurs interactions trophiques, il n'existait pas en viticulture

de travail sur cette problématique jusqu'à la réalisation d'un projet scientifique récent. L'objectif principal de cette étude portée par un consortium de 9 partenaires, financée par le CASDAR IP et le BIVB, est donc d'étudier la relation entre l'environnement paysager d'une parcelle de vigne et le niveau de régulation naturelle de ses ravageurs dans chacune des trois régions suivantes : Aquitaine, Bourgogne et Roussillon.

A l'échelle des trois régions, nous ne validons pas l'hypothèse initiale d'un effet strictement positif de la complexité du paysage sur les services de régulation naturelle. Les résultats laissent apparaître de fortes dépendances contextuelles avec des effets négatifs, nuls ou encore positifs de la proportion d'habitats semi-naturels sur l'abondance ou la régulation naturelle des tordeuses de la grappe, sur l'abondance des prédateurs arthropodes occasionnels, avec parfois un effet inverse selon la région considérée. Le contexte paysager n'a pas d'effet sur le parasitisme larvaire pourtant substantiel de *Sparganothis pilleriana* (Pyrale de la vigne), ni sur l'abondance des Phytoseiidae. A certaines étendues spatiales, le taux de recouvrement des habitats semi-naturels a un effet positif significatif sur la richesse spécifique et l'abondance de l'avifaune, sur la richesse spécifique et l'activité insectivore des chiroptères⁽⁹⁾.

EN BREF

La biodiversité fonctionnelle participe à :

- l'atténuation hydrique (ralentissement du ruissellement, réduction du volume écoulé et étalement des pics de débit),
- l'infiltration de l'eau
- l'adsorption de l'eau par la matière organique et les argiles
- la rétention des matières en suspension
- la limitation de transfert hydrique de phosphore, d'azote et de produits phytosanitaires,
- la baisse de la température à la surface du sol
- la protection contre la dérive, la préservation de la qualité biologique des cours d'eau,
- le stockage du carbone
- la vie biologique des sols
- la régulation des ravageurs
- la préservation de la biodiversité terrestre et du paysage

DE L'ÉVALUATION DE SON EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE À L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Outils disponibles pour la filière

Afin de pouvoir identifier des actions ou activer des leviers pour réduire son empreinte carbone (c'est-à-dire diminuer les émissions de gaz à effet de serre engendrées par ses activités), et ainsi participer à l'atténuation du changement climatique, la première étape est de connaître la source de ses émissions, à quelles étapes du processus elles apparaissent, quelles sont les pratiques qui sont responsables des émissions de gaz à effet de serre, et ainsi pouvoir ensuite identifier quelles sont les marges de progrès.

Il est donc nécessaire d'évaluer l'impact environnemental de ses pratiques. Le calcul de cette empreinte se base sur le principe du cycle de vie du produit (de l'extraction des matières premières à la gestion des déchets). Il prend ainsi en compte les émissions directes générées tout au long de la production, mais aussi les émissions indirectes liées par exemple aux intrants ou bien aux matériels utilisés. Cette vision globale permet une mesure complète d'un impact

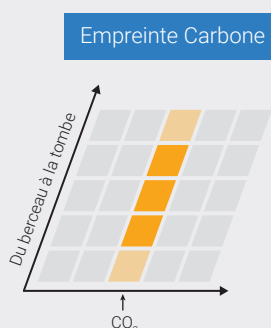
sur l'environnement, et évite des déplacements de pollution d'une étape à une autre.

Deux outils différents peuvent être cités en exemple : le Bilan Carbone® ou Bilan de gaz à effet de serre et l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Il s'agit de méthodes normées permettant l'évaluation des impacts environnementaux potentiels d'un produit, bien ou service, tout au long de son cycle de vie. L'empreinte carbone est monocritère et permet de mesurer les gaz à effet de serre et ainsi l'impact sur le changement climatique. Cet indicateur se

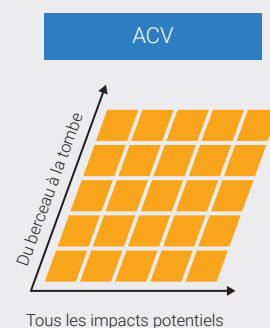
retrouve aussi dans l'ACV, qui elle, est multicritère. En effet, l'ACV présente plusieurs indicateurs autres que le changement climatique, comme par exemple, l'empreinte eau, la diminution des ressources fossiles, l'écotoxicité sur les milieux aquatiques...

Ces outils peuvent permettre d'évaluer l'empreinte environnementale de son exploitation, et par la suite, d'identifier des pistes, leviers d'actions pour l'amélioration de ses pratiques afin de réduire l'impact de son activité.

Quelques points de différences entre Empreinte Carbone et ACV



- Méthode normée
- Critère unique : bilan des émissions de GES.
- L'outil Bilan Carbone® mesure l'empreinte carbone mais c'est une marque déposée (ADEME/ Association Bilan Carbone)



- Méthode normée
- Multi-critères (plus d'une douzaine dont l'empreinte carbone).
- Evite les transferts d'impacts : objectif d'éco-conception par exemple ou identification d'enjeux environnementaux

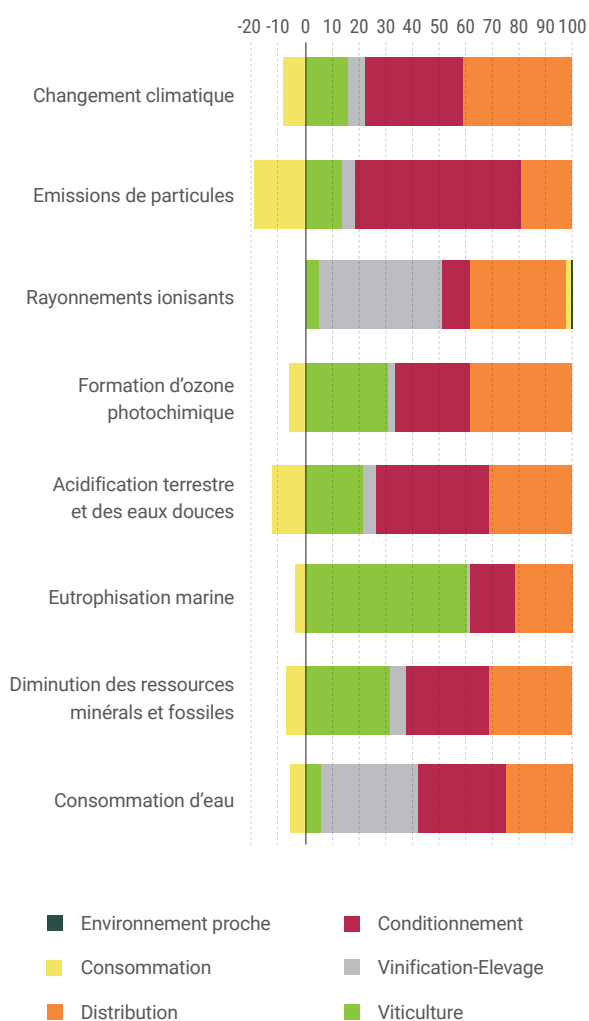
Pour plus d'infos :
<https://www.youtube.com/watch?v=4tC7EBdyi-k>



Impacts environnementaux potentiels de la filière des vins AOP du Beaujolais et de la Bourgogne⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾

Internationalement reconnue selon la Norme ISO 14040, l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est multi-étapes (tout le cycle de vie), multi-critères et permet d'évaluer des impacts environnementaux de l'existant, mais également des scénarii prospectifs. La méthode ACV peut fournir de 7 à 15 indicateurs d'impacts environnementaux (écotoxicité aquatique, eutrophisation, réchauffement climatique, impacts sur les ressources naturelles...).

Impacts environnementaux potentiels de chaque étape de la vie d'une bouteille de vin Beaujolais-Bourgogne (chiffres campagne 2011-2012)



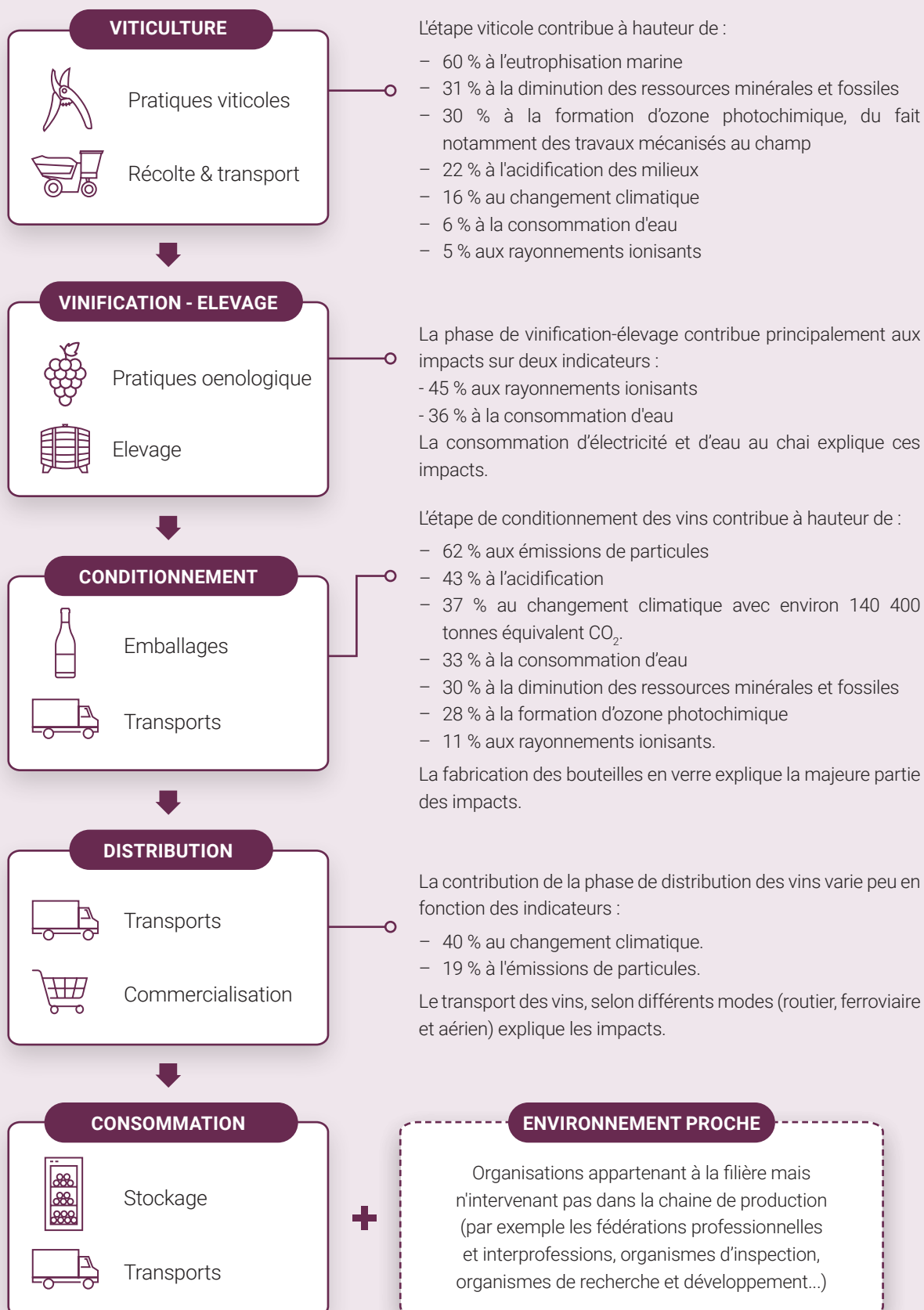
Dans le cadre d'un projet d'étude, l'ACV a été appliquée à la filière des vins AOP du Beaujolais et de la Bourgogne, afin d'étudier l'activité de la filière pendant une campagne (2011-2012). Les différentes activités étudiées étaient : la production de raisins, la transformation en vin (vinification et élevage), le conditionnement, la distribution et la consommation des 2 371 000 hl de vins produits en AOP du Beaujolais et de la Bourgogne en 2011-2012.

Selon les résultats de cette étude, la filière des Vins AOP du Beaujolais et de la Bourgogne génère, pour 1 l de vin, un potentiel de changement climatique de 1,44 kg équivalent CO₂, un potentiel d'eutrophisation de 0,005 kg équivalent azote et une consommation d'eau de 0,07 m³.

Les résultats de l'ACV peuvent être présentés par indicateur environnemental comme dans le graphique ci-contre, ou par maillon de la chaîne de production, comme dans le schéma en face. Le graphique ci-contre indique que les activités les plus contributrices, sur la majorité des indicateurs, sont la phase viticole (vert clair), le conditionnement (rouge) et la distribution des vins (orange).

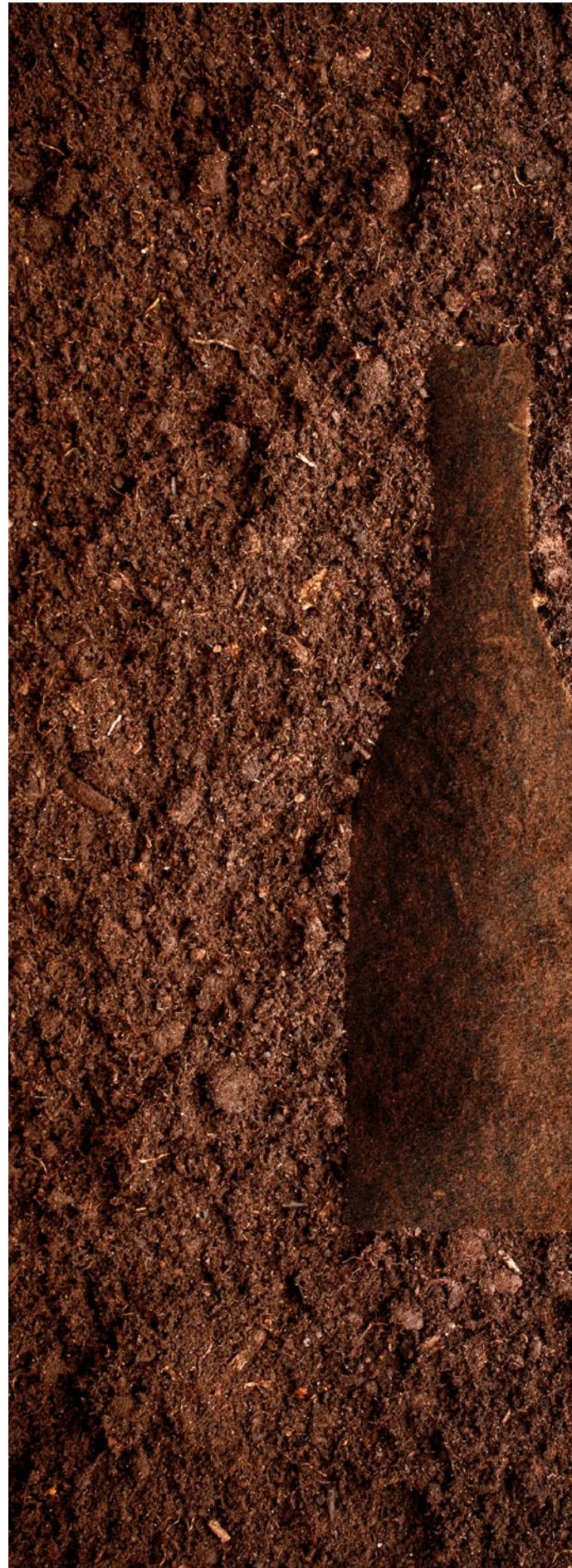
Les impacts potentiels sont exprimés en pourcentage. On peut donc lire, par exemple, pour l'indicateur de changement climatique, que 40 % des impacts de l'ensemble de la filière sont liés à la distribution des vins (orange), 38 % à l'activité de conditionnement (rouge), 16 % à la phase viticole (vert clair) et 6 % à l'activité de vinification-élevage (gris). Le schéma de la page suivante permet de commenter les résultats du graphique en détaillant étape par étape.

**Identifier les impacts environnementaux pour chaque étape de la filière des vins AOP du
Beaujolais et de Bourgogne (chiffres campagne 2011-2012)**



Périmètre de l'ACV et exemples (liste non exhaustive) d'actions collectives ou individuelles pouvant permettre de diminuer l'empreinte écologique de la filière⁽¹²⁾.

- Abandon de la lutte antigel basée sur des carburants fossiles
- Valorisation de la biomasse et des sous-produits
- Développement de voies de valorisation des sous-produits viti-vinicoles
- Organisation des trajets sur les parcelles
- Utilisation de matériaux plus durables pour l'aménagement des parcelles
- Allègement des bouteilles en verre.
- Eco-conception des emballages (allègement, recyclabilité...)
- Audit de bâtiments existants, éco-conception de bâtiments
- Energies vertes
- Recherche d'alternatives moins impactantes pour le fret (transports routiers moins polluants, transport fluvial ou ferroviaire...)
- Réduire le déplacement des personnes (modes de transport, covoiturage, télétravail, visioconférence...)
- Achats responsables (localisation, produits moins impactants..)



Pour en savoir plus sur les impacts environnementaux de la filière des vins AOP du Beaujolais et de la Bourgogne, cliquez ici : https://bit.ly/rapport_projet_ACYDU





Empreinte Carbone des Vins de Bourgogne

L'empreinte carbone est une méthode de calcul permettant de quantifier la contribution à l'effet de serre d'un individu, d'une collectivité ou d'une entreprise.

Elle permet d'estimer de manière exhaustive l'ensemble des émissions de GES imputables à l'exploitation (transports, gestion des déchets, amortissements des investissements...), aussi appelée empreinte carbone.

Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO_2), le

méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et autres hydrocarbures halogénés (HFC, CFC, SF6). Ils sont ramenés en kilogrammes ou tonnes équivalents CO_2 (kg ou t CO_2e).

Le bilan carbone est un inventaire élargi des émissions de GES d'une activité. En pratique, il correspond à la somme des émissions liées à l'activité d'une entreprise, qu'elles prennent place à l'intérieur ou à l'extérieur du périmètre juridique de l'activité.



Le processus se déroule en 2 étapes :

1. collecte des données chiffrées liées à l'activité de l'exploitation sur une durée d'un an (durée jugée représentative de l'activité),
2. saisie et calcul des émissions directes et indirectes

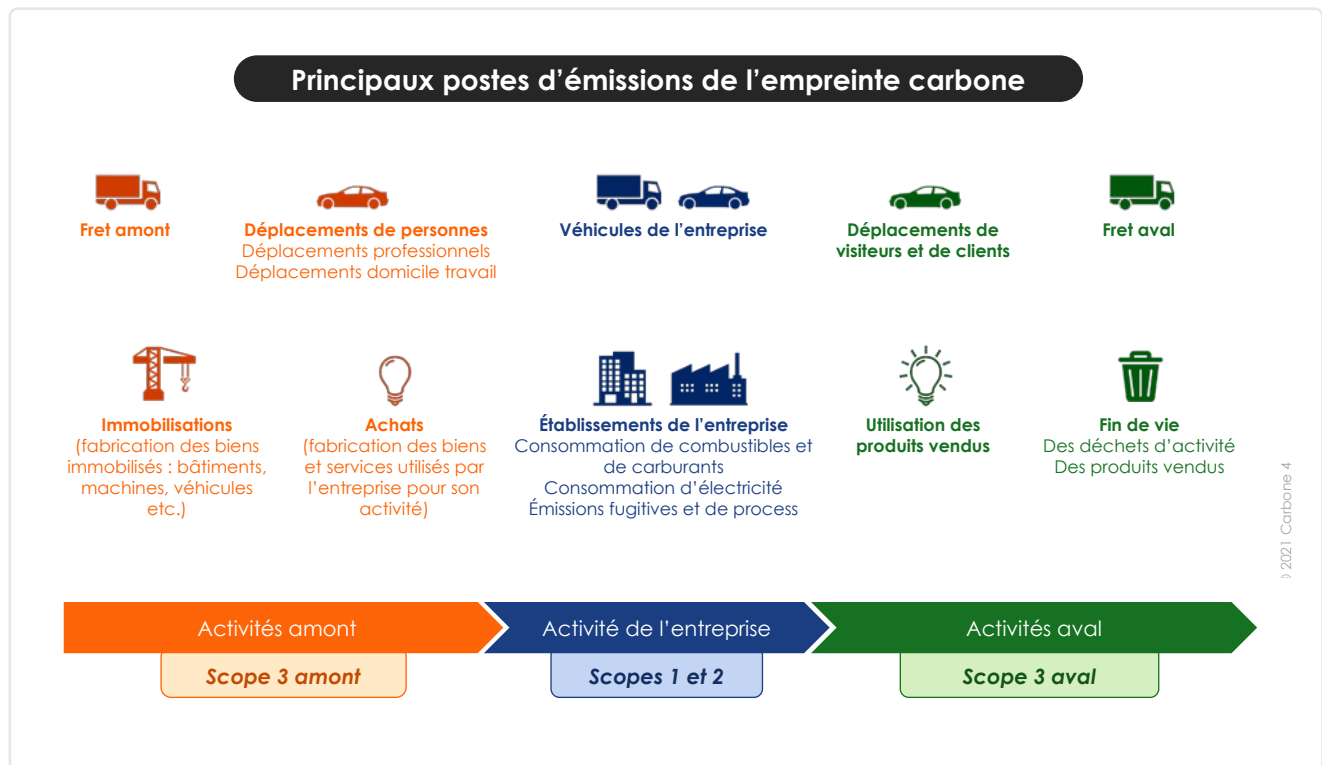


Schéma extrait du site Carbone4

Le périmètre de l'étude est un point important. La comptabilité carbone classe les émissions de gaz à effet de serre en trois périmètres : le scope 1 (émissions directes), le scope 2 (émissions indirectes associées à la consommation d'électricité, de froid et de chaleur) et le scope 3 (autres émissions indirectes).

L'objectif est de donner une image globale d'une activité avec pour indicateurs les émissions de gaz à effet de serre. Il est utile pour piloter son activité dans un objectif de transition notamment vers le bas carbone. La valeur ajoutée de cette démarche est de pouvoir connaître ses émissions pour pouvoir envisager des pistes d'amélioration afin de les atténuer. La démarche présente de nombreux bénéfices et apporte une valeur ajoutée à l'exploitation, comme par exemple agir pour le climat, améliorer son

image auprès des clients, ou bien encore anticiper les nouvelles réglementations.

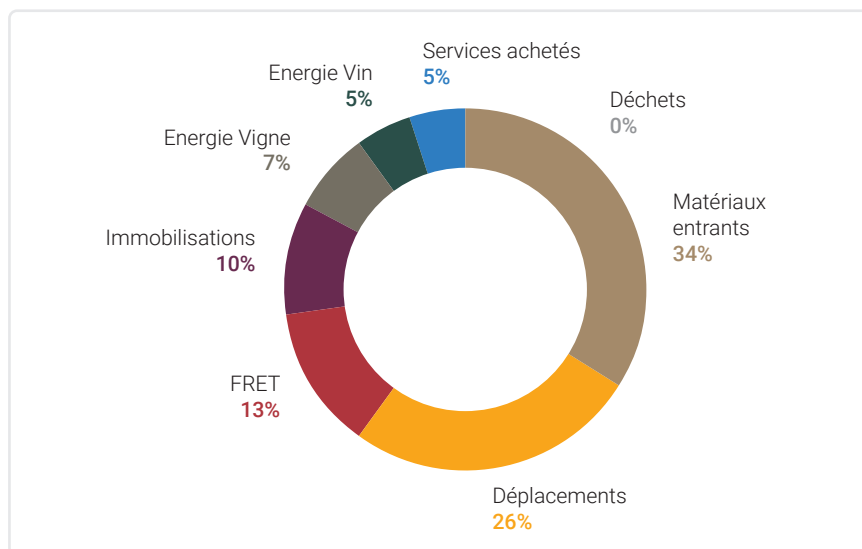
C'est pour cette raison, qu'en 2007, le premier diagnostic carbone de la filière des Vins de Bourgogne a été réalisé. Il était de 430 000 tonnes équivalent CO₂. Il a depuis été mis à jour en 2015 et vient d'être actualisé en 2021.

Il est réalisé selon un périmètre élargi (scope 1,2 et 3 présentés ci-dessus) permettant de mesurer les émissions directes et indirectes, à l'échelle de notre filière. Ceci implique qu'il prend en compte par exemple, le fret amont et aval, la fin de vie des déchets générés mais aussi les déplacements de salariés et l'impact de l'œnotourisme. Il se base sur l'activité des Vins de Bourgogne sur l'année 2019. Les données ont été collectées auprès de viticulteurs et négociants de

Bourgogne mais aussi auprès de toutes les parties prenantes de la filière.

L'impact environnemental potentiel des Vins de Bourgogne, c'est 372 600 tonnes équivalent CO₂ qui sont émises en 2019. Les résultats sont présentés dans le graphique ci-contre.

Les matériaux entrants (emballages et intrants) constituent le premier poste concentrant 34 % des émissions de CO₂e contre 26 % pour les déplacements qui occupent la seconde place. Les déplacements incluent les trajets professionnels ainsi que l'œnotourisme, qui concentre 79 % des émissions sur ce poste. Vient en troisième position le fret qui génère 13 % des émissions. La consommation de combustibles fossiles pour la viticulture représente 7 % du total, et pour l'œnologie et la distillerie elle représente 5 %.



Les immobilisations (véhicules, engins, cuves, informatiques...) représentent 10 % des émissions. Les services tertiaires achetés concernent tout ce qui relève des services supports : experts comptables, avocats, services de nettoyage, téléphonie.

Ces résultats reflètent ce qui est généralement constaté en viticulture. Les postes les plus impactants sont les matériaux entrants et intrants (bouteilles en verre, cartons d'emballages, engrais), les déplacements et le transport, ainsi que la consommation de carburant à la vigne (fioul pour les tracteurs...)

Les résultats de notre empreinte carbone ainsi que l'identification des postes les plus impactants nous permettent d'appréhender les leviers et pistes sur lesquels nous pourrions travailler pour aller vers le bas carbone. Et ainsi nous préparer à la transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone initiée par les pouvoirs publics.

Au niveau national, la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) ⁽¹³⁾ est la feuille de route de la France

pour lutter contre le changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs à court-moyen termes. Elle a deux ambitions : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français.

Elle définit une feuille de route pour une agriculture bas-carbone, avec des objectifs de réduction des émissions de GES par rapport à 2015 : -19 % en 2030 et -46 % en 2050.

Pour atteindre les objectifs, les leviers actionnés sont le développement de l'agroécologie, l'agroforesterie et l'agriculture de précision, notamment pour réduire au maximum les surplus d'engrais azotés. Le développement de la bioéconomie doit pouvoir fournir une énergie et des matériaux moins émetteurs de GES à l'économie française. Mais aussi un axe consommateur pour faire évoluer la demande alimentaire (produits de meilleure qualité ou issus de l'agriculture biologique, prise en compte des préconisations nutritionnelles) et réduire le gaspillage alimentaire.

SOURCES : IFV, Carbone 4



Quels sont les impacts environnementaux des modes de gestion du sol ? Un projet est en cours en Bourgogne

Les alternatives au désherbage chimique limitent la pollution vers l'eau et les sols et contribuent à la transition écologique. Néanmoins ces alternatives posent deux questions :

1/ Quel est leur coût ?

2/ Est-ce qu'il y a un transfert de pollution d'un compartiment à l'autre ?

Les itinéraires techniques vertueux du point de vue de la transition écologique permettent-ils également de répondre à l'enjeu de l'atténuation du changement climatique ? C'est pour acquérir des informations et un recul sur l'impact environnemental des modes de gestion du sol qu'un projet d'expérimentation, porté par l'IFV, la SICAREX Beaujolais et le BIVB a été retenu dans le cadre de l'appel à projets 2019. Il permettra d'évaluer les itinéraires via la méthode de l'ACV (voir article page 19). Cette étude a pour ambitions d'objectiver les impacts environnementaux potentiels des solutions techniques alternatives au désherbage chimique, et ainsi de pouvoir identifier des pistes de travail. Nous attendons les livrables de ce projet d'ici 1 an.



Valorisation des coproduits viti-vinicoles

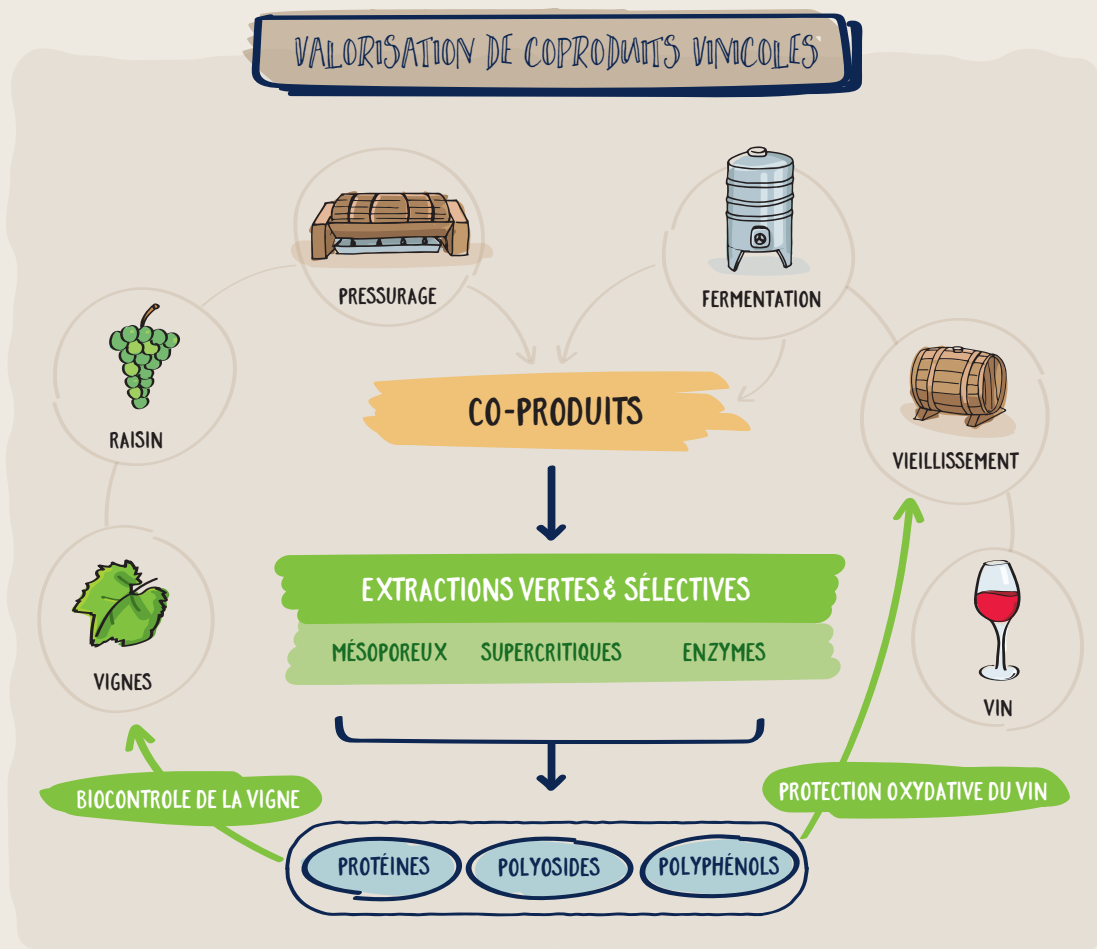
Les coproduits viti-vinicoles longtemps considérés comme déchets à traiter sont aujourd'hui de véritables ressources à valoriser. L'enjeu est ainsi de mettre en œuvre une économie circulaire permettant de réduire les impacts environnementaux de la filière en valorisant ses coproduits devenus matières premières pour d'autres filières (cosmétique, agroalimentaire, énergie, agriculture...). ceci permettrait de tirer pleinement

parti de l'exceptionnel potentiel viticole aussi bien en région qu'au national.

Face à ce nouveau défi et à partir des coproduits générés par la vinification, un projet de recherche lancé fin 2020 a pour objectif d'ouvrir des voies innovantes d'extraction « verte » de molécules à haute valeur ajoutée aujourd'hui inexploitées (protéines, polysides et polyphénols). L'objectif à terme, est de les réintroduire dans les

différentes étapes d'élaboration des vins, aussi bien pour des applications œnologiques (réduction des sulfites) que viticoles (biocontrôle).

Ce projet d'une durée de 3 ans associe 3 équipes de recherche d'AgroSup Dijon et de l'Université de Bourgogne. Il est financé par le Conseil Régional de Bourgogne-Franche-Comté et le FEDER.



Responsables de publication

L'équipe du Pôle Technique et Qualité sous la responsabilité de Christian Vanier

Pôle Technique et Qualité du BIVB
6, rue du 16^e chasseur – 21200 Beaune
Tel : +33 (0)3 80 26 23 74
www.vins-bourgogne.fr

Sources bibliographiques

1. Étude menée pour le compte de la ProWein par l'Institut pour l'économie du vin et des boissons de l'université de Geisenheim sous la direction de la Pr. Dr. Simone Loose et de son équipe. ProWein Business Report 2019.
2. Françoise BRUGIERE, Patrick AIGRAIN, Eric DUCHENE, Inaki GARCIA de CORTAZAR-ATAU et al. LES SYNTHÈSES de FranceAgriMer - Une prospective pour le secteur vigne et vin dans le contexte du changement climatique. s.l. : FranceAgriMer - 12 rue Henri Rol-Tanguy - TSA 20002 - 93555 Montreuil cedex, édition 2016.
3. Escudier J.L., Bes M., Salmon J.M., Caillé S., Samson A. Stress hydrique prolongé des vignes : comment adapter les pratiques œnologiques en conséquence ? 2014.
4. Carmen Berbegal, Mariagiovanna Fragasso, Pasquale Russo, Francesco Bimbo, Francesco Grieco, Giuseppe Spano and Vittorio Capozzi. Climate Changes and Food Quality: The Potential of Microbial Activities as Mitigating Strategies in the Wine sector. 2019.
5. Tate, A.B. Global warming's impact on wine. s.l. : J. Wine Res., 12 (2), pp. 95-109, 2001.
6. Carla Leite, Vanda Oliveira, Isabel Miranda et al. Cork oak and climate change: Disentangling drought effects on cork chemical composition. . s.l. : Scientific Reports volume 10, Article number: 7800, 2020.
7. Federico Vessella, Javier López-Tirado, Marco Cosimo Simeone et al. A tree species range in the face of climate change: cork oak as a study case for the Mediterranean biome. s.l. : European Journal of Forest Research, volume 136, pages 555–569, 2017.
8. V. Tilloy, A. Ortiz-Julien, S. Dequin - Reduction of ethanol yield and improvement of glycerol formation by adaptive evolution of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae* under hyperosmotic conditions. Applied and environmental Microbiology, 2014.
9. Sentenac, G., Rusch, A., Kreiter, S., Bouvier, J.-C., Thiéry, J., Delbac, L., Thiéry, D., Lavigne, C., Madejski, M., Guilbault, P., Guisnet, M., Tixier, M.-S. Biodiversité fonctionnelle : effet de l'environnement paysager d'une parcelle de vigne sur la régulation de ses ravageurs (BIOCONTROL). Innovations Agronomiques, Vol63, 139-161. IFV unité de Beaune, INRA UMR SAVE -UR PSH- UMR System, Montpellier SupAgro UMR CBGP-UMR System, CA66 et CA33, Bordeaux Sciences Agro, 2018.
10. Rapport du projet ACYDU cofinancé par l'ANR. Partenaires du projet : CTCPA (coordonnateur), ITERG, IFV, CIHEAM, BIVB, UNGDA, Unité Mixte de recherche MOISA, ENIL Besançon Mamirolles, CNRS Université de Bourgogne Franche Comté Théma UMR 6049.
11. Entretiens du Beaujolais. Changement climatique, quel futur pour le Beaujolais. Sicarex Beaujolais, IFV 2019.
12. Le Vigneron Champenois. Revue technique du Comité Champagne. Juillet/Août 2020.
13. Stratégie nationale bas carbone (<https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>). Stratégie nationale bas carbone (<https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>).

Crédits

Crédits photos : © BIVB / Aurélien IBANEZ, Michel JOLY, Sébastien BOULARD, Jessica VUILLAUME, Hendrick MONNIER, Gérald MONAMY, Intuive.

Mise en page & création graphique : Intuive - studio de création / intuive.fr



@vinsdebourgogne