

LES RENDRE-VOUS Techniloire

Comment adapter notre viticulture à l'évolution du climat ?



au Lycée Edgard Pisani à Montreuil-Bellay (49)
Jeudi 17 novembre 2016



Sommaire

- Approche globale de l'évolution climatique et de ses solutions politiques** P4
Jean-Marc TOUZARD
Inra - Montpellier
- Evolution du climat en Val de Loire constats passes et tendances futures** P8
Etienne NEETHLING
INRA Angers-Nantes, SDAR
- Etude climat XXI** P11
Michel BADIER
Chambre d'agriculture du Loir et Cher
- Les vins de demain seront-ils appréciés par les consommateurs ?** P14
ÉRIC GIRAUD-HÉRAUD
INRA Bordeaux/Institut des sciences de la vigne et du vin
- La double performance environnement – qualité sera-t-elle nécessaire à la compétitivité de nos vins ? Quelle perception par les consommateurs ?** P19
Frédérique JOURJON
Unité GRAPPE, ESA-INRA
- La construction d'une adaptation locale des pratiques viticoles au changement climatique** P24
Etienne NEETHLING
INRA Angers-Nantes, SDAR
- Quelles solutions pour gérer les Aléas climatiques ?** P28
Pascal DROUIN
DRAAF des Pays de la Loire - FranceAgriMer
- Réintégrer l'arbre dans les systèmes agricoles** P31
Yves GABORY
Mission Bocage

Approche globale de l'évolution climatique et de ses solutions politiques

La vigne et le vin : témoins du changement climatique

La vigne cultivée pour produire du vin (*Vitis vinifera*) est très sensible aux variations du climat qui influencent le rendement, la composition des raisins et la qualité des vins qui en sont issus. Depuis

plusieurs millénaires les viticulteurs ont pris en compte cet effet climat pour choisir l'emplacement des vignobles, les cépages et les techniques, mais aussi pour différencier la qualité des vins selon des

"terroirs" ou "millésimes". Mais par son ampleur et son accélération, le changement climatique vient bouleverser les pratiques viticoles et la production de vin.

Avancée des dates de vendanges

En premier lieu, l'augmentation de la température moyenne a des effets sur le cycle végétatif de la vigne au cours de l'année. Les phases de son développement deviennent plus précoces, depuis l'ouverture des bourgeons au printemps (favorisée par des hivers plus doux) puis la floraison, jusqu'à la période de maturité des raisins (favorisée par des étés plus chauds), et donc la date de

vendange. De fait, on observe dans les vignobles français une avancée générale des dates de vendanges, aujourd'hui une quinzaine de jours en moyenne par rapport à la période 1960-1980. C'est le cas en Champagne ou en Vallée du Rhône. Les vendanges se réalisent plus au cœur de l'été, avec des nuits et jours plus chauds. Cette précocité amplifie l'effet du changement cli-

matique : les simulations montrent ainsi qu'une augmentation de 1°C de température moyenne d'ici à 2050 pourrait se traduire, selon les régions, par une quinzaine de jours de précocité supplémentaire pour la maturité des raisins, et une température plus élevée de 2 à 3 °C pendant la période de maturation.

Des besoins accrus en eau

L'augmentation de la température induit aussi une plus forte transpiration de la vigne et une évaporation accrue au niveau du sol. Le besoin en eau de la plante augmente donc. Si le printemps et l'été sont plus secs, comme le prédisent la majorité des simulations climatiques pour le sud de l'Europe, le manque d'eau peut devenir préoccupant. C'est ce qui est déjà observé depuis une

quinzaine d'années dans la plaine littorale du Languedoc. Un stress hydrique modéré pour la vigne est considéré comme propice à la production de vins de qualité, car il limite la croissance des rameaux, réduit la taille des baies et favorise la concentration en sucre et en tannin. Mais lorsqu'il est trop prononcé, la baisse de rendement peut être forte et des blocages surviennent

dans l'élaboration de composantes de la qualité des raisins et du vin. Feuilles et baies peuvent même se déshydrater. Ces effets varient selon la sensibilité à la sécheresse du cépage et du porte-greffe, la nature des sols, l'exposition de la parcelle, les modes de conduite de la vigne (hauteur, importance du feuillage...) ou son écosystème.

Des vins plus alcoolisés, moins acides, aux arômes modifiés

L'évolution des températures et des conditions hydriques se répercutent sur les métabolismes et la composition des raisins. D'une manière générale, le taux de sucre des raisins augmente, et donc le taux d'alcool des vins. Des températures plus élevées entraînent aussi une dégradation plus forte de l'acide malique dans les raisins, et donc in fine de l'acidité des vins.

Les anthocyanes, pigments contenus dans la peau du raisin noir et qui lui donnent sa couleur, sont aussi affectées, entraînant une baisse de coloration de vins rouges. Enfin, le changement climatique influence la synthèse de composés aromatiques. Le millésime 2003, année de canicule, a ainsi fourni des vins aux profils aromatiques nouveaux dans de nombreuses

régions, par exemple l'apparition d'arômes plus prononcés de "fruits cuits" pour des vins de Bordeaux. Globalement l'équilibre entre composantes de la qualité du vin (alcool, acidité, arôme, couleur) et les cinétiques d'évolution sont touchés, l'optimum en sucres et acides arrivant séparément de celui en anthocyanes et composés aromatiques.

Les impacts du changement climatique sont observables dans tous les vignobles européens, mais avec des intensités, des combinaisons et des conséquences économiques diffé-

rentes¹. En France, les effets sont pour l'instant plutôt positifs, avec une fréquence plus élevée de bons millésimes, en particulier dans les vignobles septentrionaux. Le chan-

gement climatique commence toutefois à poser des problèmes dans les vignobles méditerranéens et pourrait progressivement en poser dans l'ensemble des vignobles français.

Innover pour s'adapter au changement climatique

Les impacts déjà observés ou simulés du changement climatique sont importants pour la vigne et le vin, mais les viticulteurs disposent de multiples leviers pour y faire face. L'histoire de la vigne et du vin témoigne de leur adaptation per-

manente aux variations climatiques. Toutefois, avec le changement climatique, l'adaptation doit être maintenant plus rapide, réactive et anticipatrice. Cette urgence, dans un secteur clé pour l'économie et la culture française, justifie un nouvel

investissement des chercheurs, notamment à l'INRA, à travers le projet LACCAVE (Long term Adaptation to Climate Change in Viticulture and Enology), pour analyser les différentes options possibles de l'adaptation.

Introduire des nouveaux clones ou cépages

Une première option consiste à changer de variété de vigne, en plantant des cépages plus résistants à la sécheresse, plus tardifs, produisant moins de sucre et plus d'acidité,... mais aussi plus résistants aux maladies et adaptés aux goûts des consommateurs. Même si "la" variété répondant à tous ces critères est sans doute utopique, de nouvelles perspectives sont offertes grâce aux progrès de l'éco-physiologie et de la génétique. Le séquençage du génome de la vigne a été réalisé en 2007, ce qui permet de mieux caractériser les cépages existants et d'accélérer la sélection variétale (conventionnelle) en repérant directement les gènes associés aux caractéristiques recherchées. Mais il faut aussi compter sur l'existence d'une grande diversité de variétés dont une part importante se trouve dans les conservatoires gérés par l'INRA (8000 cépages du monde dont 300 sont réellement cultivés pour faire du vin de qualité).

Il est tout d'abord possible d'exploiter la variabilité génétique existante au sein d'un même cépage. On parle alors de différents clones (issus de bouturages successifs) dont certains peuvent être par exemple un peu plus tardifs, tout en ayant les mêmes caractéristiques générales aromatiques et agrono-

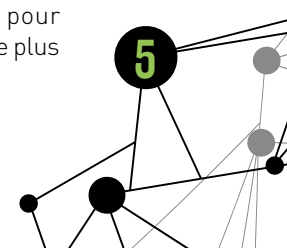
miques. Cette option est privilégiée en Bourgogne avec le pinot noir, principal cépage des vins rouges de l'appellation, qui présente de nombreux clones. Mais la variabilité génétique étant malgré tout limitée entre clones d'un même cépage, les marges pour l'adaptation sont assez réduites.

Une deuxième stratégie consiste à tester et introduire des cépages existants, anciens ou cultivés dans d'autres régions. C'est l'objet d'expérimentations dans chaque vignoble régional. A Bordeaux, le programme Vitadapt teste ainsi 52 cépages dont certains viennent du Languedoc (Carignan, Mourvèdre), du Portugal (Touriga) ou de Grèce (Assyrtiko, Lagiorgitiko). Ils sont comparés aux cépages bordelais actuels, qui sont, par exemple pour le vin rouge, le cabernet-franc, le merlot ou le cabernet sauvignon, et pour le vin blanc, le sauvignon ou le sémillon. On peut ainsi observer directement le comportement de nouveaux cépages dans le climat bordelais, en train de changer. Modifier les cépages utilisés pourrait ensuite se faire de manière progressive, en cherchant à rester proche des vins actuels, ou de manière plus radicale en visant de nouveaux types de vins.

Une troisième stratégie est la création variétale. On peut croiser des cépages existants : c'est ainsi qu'en 1961, l'INRA et l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier ont créé le Marselan, issu du Grenache et du Cabernet Sauvignon, et aujourd'hui planté dans les vignobles du Languedoc, de la vallée du Rhône ou d'Espagne, où il montre une bonne résistance à la sécheresse. Autre solution, croiser successivement des cépages réputés (*Vitis vinifera*) avec une vigne sauvage (autre espèce du genre *Vitis*) présentant des caractéristiques intéressantes pour l'adaptation (on parle alors d'hybrides). Cette option ouvre plus de perspective, en particulier pour associer l'adaptation au changement climatique et les résistances aux maladies, pour lesquelles des gènes sont présents chez les vignes sauvages, permettant de limiter fortement l'usage de pesticides.

La vigne étant une plante greffée, on peut aussi améliorer l'adaptation du matériel végétal à la sécheresse en choisissant un porte-greffe qui confère cette aptitude, grâce à un enracinement profond et une bonne capacité à extraire l'eau du sol. Des recherches sont conduites pour créer des porte-greffes encore plus résistants.

¹ Le changement climatique joue aussi sur la fréquence et l'intensité d'événements extrêmes (vagues de chaleur, pluies intenses...) pouvant fragiliser des vignobles ou accroître la variabilité des millésimes. Il a aussi des impacts indirects sur la vigne en influençant ses ravageurs, maladies ou écosystèmes.



Changer les pratiques agronomiques

L'adaptation au changement climatique repose aussi sur la manière dont chaque cépage est cultivé. Des pratiques agronomiques permettent déjà de faire face à la variabilité du climat et pourraient se multiplier. La suppression de feuilles, en juillet ou août, réduit la transpiration et le besoin en eau de la vigne. Mais cette opération doit être raisonnée. Par exemple il faut éviter d'effeuiller la zone des grappes, car une exposition trop forte des raisins au soleil provoque des brûlures et avance la maturité, ayant ainsi l'effet inverse de celui souhaité. La taille hivernale de la vigne permet d'agir à moyen terme sur l'architecture de la plante, sa hauteur, sa surface foliaire (c'est-à-dire la surface totale des feuilles exposées au soleil) et l'exposition des grappes : des raisins bénéficiant d'un meilleur ombrage et plus éloignés du sol peuvent ainsi gagner en acidité. Mais si la sécheresse est le principal problème, il faut au contraire privilégier des troncs courts pour limiter les problèmes de résistance à la circulation de l'eau.

Il faut donc souvent arbitrer entre des pratiques répondant de manière contradictoire aux différents impacts du changement climatique.

La gestion du sol est un autre levier de l'adaptation agronomique. Une augmentation de la teneur en matière organique (par amendement de compost ou enherbement) permet de fixer plus de carbone, augmente la rétention en eau et améliore la structure du sol, donc l'enracinement et la résilience de la vigne. L'entretien du sol, par exemple en laissant pousser temporairement de l'herbe entre les rangs, favorise l'infiltration des pluies et limite le ruissellement. Il permet aussi de réduire la température de surface ou même l'évaporation, si l'on arrive à éviter la concurrence entre les herbes et la vigne, par exemple par un désherbage mécanique ou la constitution d'un paillis, ou mulch, une technique agricole consistant à recouvrir le sol de débris végétaux. L'irrigation peut aussi être suggérée pour maintenir le rendement

et la qualité des raisins lorsque le stress hydrique est trop fort. Largement utilisée dans des vignobles étrangers (Argentine, Californie, Australie...), elle est aujourd'hui développée dans les plaines du Languedoc avec des systèmes de goutte à goutte. Son utilisation pose toutefois la question du coût et de la gestion de la ressource en eau, avec des risques de plus en plus forts de conflits d'usages. Pour cela, l'irrigation doit être raisonnée comme une solution "en dernier ressort" complémentaire des autres techniques qui limitent la consommation en eau d'un vignoble. Des expérimentations sont faites pour utiliser de nouvelles ressources, comme les eaux retraitées de stations d'épuration. Des logiciels et des applications web sont développés pour optimiser l'irrigation en fonction de données météorologiques, des caractéristiques du vignoble (cépages, sol, mode de conduite) et d'une analyse de l'état hydrique de la vigne, et donc de ses besoins en eau pour obtenir des vins de qualité.

Réorganiser le vignoble à l'échelle locale

Dans ce nouveau contexte, les vignerons vont devoir repenser la localisation des cépages et des pratiques agronomiques au sein d'un même espace local, un « terroir ». Celui-ci possède une variabilité climatique interne, liée notamment à sa topographie, qui peut devenir un atout ! Les observations réalisées sur plusieurs sites équipés d'enregistreurs de température montrent que d'une parcelle à l'autre des écarts de température moyenne sur la période végétative de la vigne peuvent atteindre 2°C, soit un écart supérieur à l'augmentation de température prévue d'ici à 2050. A Banyuls (66), le vignoble se déploie en terrasse du bord de la Méditerranée jusqu'à 500 m d'altitude. Les températures moyennes sont plus élevées en bas de coteau entraînant des baisses d'acidité qui affectent la qualité des vins. Les

viticulteurs peuvent alors chercher à replanter leur vigne plus en altitude, ce qui implique de nouvelles transactions foncières et risque de bouleverser le paysage actuel. Un travail collectif a été conduit autour de simulations pour organiser les plantations et maintenir qualité du vin et paysage. Dans les coteaux du Layon (49), des écarts de température sont aussi constatés selon l'exposition des parcelles, incitant les viticulteurs à replanter les variétés précoces, comme le chenin, plutôt en fond de vallée ou à choisir des porte-greffes plus résistants à la sécheresse pour les parcelles à flanc de coteaux.

Nouveaux cépages, évolution des pratiques et réorganisation du vignoble à l'échelle locale peuvent donc se combiner pour offrir des solutions. Les interventions œnologiques sont aussi un levier com-

plémentaire pour « corriger » après vendanges des effets trop marqués du changement climatique, par exemple sur l'alcool. Le changement climatique constitue ainsi une « nouvelle frontière » pour l'innovation dans le secteur de la vigne et du vin. Mais le succès de ces innovations va dépendre au moins de deux conditions : i) un changement climatique atténué, limité à 1,5 ou 2°C (objectif de la COP21) qui permettrait de maintenir des marges de manœuvre dans tous les vignobles et d'éviter une instabilité trop forte ; ii) le renforcement des collaborations entre chercheurs, viticulteurs, entreprises, startups... permettant des échanges de connaissances et d'expériences dans le cadre d'une science participative pouvant répondre plus rapidement aux évolutions et incertitudes du changement climatique.

Bibliographie

Aigrain P., Brugière P., Duchène E., Garcia de Cortazar I., Giraud-Heraud E., Gautier J., Hannin H., Ollat N., Touzard J.-M., 2016. Adaptation to climate change: interest of a prospective approach. 39th World Congress of Vine and Wine (OIV), 23-28 October 2016, Bento Gonçalves, Brazil.

Escudier J.L., Garcia de Cortazar I., Giraud-Héraud E., Le Roux, Ollat N., Quenol H., Touzard J.-M. (2016). Le vignoble français à l'épreuve du changement climatique, La Recherche, 513-514: 60-67, juillet-août 2016

Ollat, N., Touzard, J.-M., Van Leeuwen, C. (2016). Climate Change Impacts and Adaptations: New Challenges for the Wine Industry. Journal of Wine Economics. 11:1-11. doi:10.1017/jwe.2016.3

Barbeau G., Neethling E., Ollat N., Quénol H., Touzard JM (2015). Adapting to climate change in grapevine agronomy. Agronomie Environnement & Sociétés, 5 (1), 9-16

Touzard J.-M. (2015) Avec 4 degrés de plus la carte du vignoble français explose. Pour la Science, 451 : 34-35.

Collectif, 2014. Viticulture et stress hydrique, Innovation Agronomiques, n°38, 2014 :

Ollat N., Touzard JM. (2014). Long-term adaptation to climate change in viticulture and enology: the LACCAVE project. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 78 p.

Barbeau, G., Goulet, E., Neethling, E., Ollat, N., Touzard, J.-M. (2014). Les méthodes d'adaptation au changement climatique. In: Hervé Quénol (Coord.), Changement climatique et terroirs viticoles (Chapitre 15). Paris, FRA : Editions Tec & Doc. Lavoisier

Touzard J.M., Ollat N. (2014). Adaptation à long terme au changement climatique pour la viticulture et l'œnologie. Revue des Œnologues 152 : 11-12

Evolution du climat en Val de Loire constats passés et tendances futures

Depuis le premier rapport d'évaluation du GIEC¹ publié en 1990, les connaissances scientifiques concernant le changement climatique ont beaucoup progressé. Dans la majeure partie du monde, les enregistrements climatiques à long terme ont démontré une hausse des températures moyennes de surface² (GIEC 2013). Cette tendance du réchauffement global a été ac-

compagnée par des modifications des régimes de précipitations et de phénomènes climatiques extrêmes. Attribués aux forçages naturels et anthropiques, les changements climatiques observés sont projetés de devenir encore plus apparents et sévères au cours du 21^e siècle. Dans le cadre des projets TERVICLIM³, TERADCLIM⁴, LACCAVE⁵ et ADVICLIM⁶, plusieurs études ont

été mené en Val de Loire afin de comprendre l'évolution passée du climat, sa tendance future, aussi bien que ses impacts observés et attendus sur la viticulture (Barbeau 2007 ; Bonnefoy et al. 2010 ; Bonnefoy et al. 2012 ; Neethling et al. 2012). Ce travail vise à présenter les résultats issus de ses diverses études.

Quelle est l'évolution du climat en Val de Loire au cours du 20^e siècle ?

Le Val de Loire, qui s'étend de Nantes à Sancerre, est caractérisé par un climat océanique à tendance septentrionale. Depuis le milieu du 20^e siècle, les températures du Val de Loire ont significativement évolué. Une analyse subrégionale a montré un réchauffement plus important des températures minimales sur la façade océanique et un gradient ouest-est pour l'augmentation des températures maximales. De 1960 à 2010, la température moyenne d'avril à septembre (soit la température de la saison de croissance) a augmenté de +1.4°C à Nantes, de +1.8°C à Angers, de +1.8°C à Saumur, de +1.7°C à Tours, de +1.3°C à Romorantin et de +1.8°C à Bourges (Figure 1). Aucune modification des précipitations n'a été constatée. Mais le régime d'alimentation hydrique a évolué, résultant d'une plus grande variabilité interannuelle de la pluviométrie et de sa répartition temporelle, ainsi que d'une hausse des taux d'évapotranspiration.

Le réchauffement se reflète davantage sur l'évolution des indices bioclimatiques. Les différents indices bioclimatiques ont fortement évolué depuis 1960. L'indice de Winkler a augmenté dans tout le Val de Loire : de +268 à Nantes, de +345 à Angers, de +360 à Saumur, de +324 à Tours, de +251 à Romorantin et de +351 à Bourges. L'indice de Huglin a augmenté de +282 à Nantes, de +356 à Angers, de +398 à Saumur, de +340 à Tours, de +309 à Romorantin et de

+356 à Bourges. Par conséquent, les six sites ont évolué d'un climat "frais", qui a caractérisé le Val de Loire jusqu'aux années 80, vers un climat "tempéré", qui était alors celui de Bordeaux. En plus, l'indice de fraîcheur des nuits a augmenté significativement de +0.9°C à Angers et de +1.1°C à Bourges ; l'amplitude thermique a augmenté de +1.0°C à Nantes, de +1.5°C à Saumur et de +1.7°C à Romorantin.

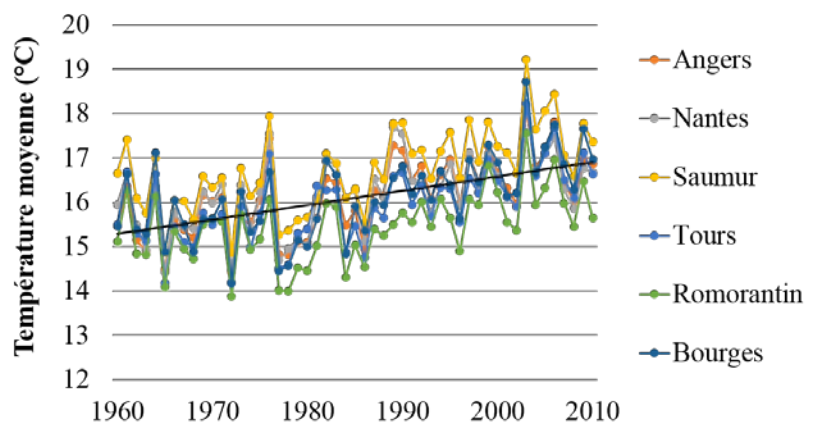


Figure 1 : Evolution de la température moyenne d'avril à septembre en Val de Loire de 1960 à 2010 (Données : Météo France)

¹ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

² La température moyenne mondiale a augmenté de 0.85°C entre 1880 et 2012 (GIEC 2013).

³ TERVICLIM (2008-2012) : Observation et modélisation spatiale du climat des terroirs viticoles dans un contexte de changement climatique

⁴ TERADCLIM (2011-2013) : Adaptation au changement climatique à l'échelle des terroirs viticoles

⁵ LACCAVE (2012-2015) : Long-term adaptation to climate change in viticulture and enology

⁶ ADVICLIM (2014-2019) : Adaptation of viticulture to climate change: High resolution observations of adaptation scenarii for viticulture

Quels sont les impacts du changement climatique sur la viticulture en Val de Loire ?

Des évolutions importantes du climat ont été ainsi observées en Val de Loire. Le comportement de la vigne a été influencé par ces changements, ce qui s'est traduit par une avancée des dates des principaux stades phénologiques, en particulier la date de vendange. En comparant la moyenne de la date de vendange de 1990 à 2010 des principaux cépages cultivés en Anjou-Saumur avec celle d'une étude réalisée sur la période de 1950 à 1969, les résultats montrent que la date de vendange a avancé de 12 à 15 jours. Comme la date de la vendange est d'environ deux semaines plus précoce, la période de la maturation correspond désormais à une période plus chaude de l'année. Une période de maturité plus chaude a en effet influencé la composition des raisins. Par conséquent, l'avancée des stades phénologiques de la vigne a été accompagnée d'une évolution significative de la composition des raisins (Figure 2). Cette tendance

s'applique à l'ensemble du Val de Loire, pour les principaux cépages blancs et rouges qui y sont cultivés⁷. Bien que ces cépages soient cultivés dans différents sous-bassins du Val de Loire, une tendance similaire d'une diminution de l'acidité totale et d'une augmentation de la teneur en sucre est observée, cette dernière se traduit par un degré alcoolique plus important dans les vins. En Anjou, par exemple, pour le Cabernet franc la teneur en sucre

est passée de moins de 170 g/L à plus de 200 g/L et, pour le Chenin, de moins de 180 g/L à plus de 210 g/L, de 1981 à 2010. Cependant, la qualité de la vendange n'est pas simplement liée aux conditions climatiques du millésime, mais aussi à l'influence des pratiques culturales et des stratégies viticoles. Il faut donc en tenir compte lorsque l'influence du changement climatique sur la viticulture est analysée et discutée.

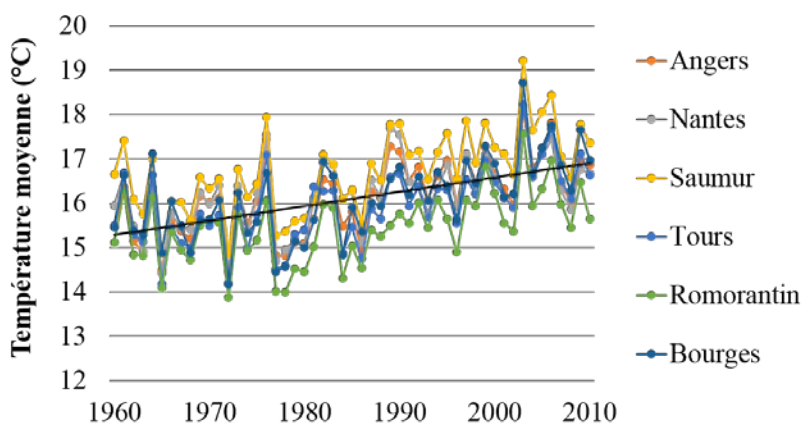


Figure 2 : Evolution de l'Indice de Maturité (rapport sucre/acidité) à la vendange de 1981 à 2010 pour le cépage Cabernet franc, cultivé en Anjou, Saumur, Chinon et Bourgueil (Données : ATV 49 ; Laboratoire de Touraine 37).

Quelle est la tendance future du climat en Val de Loire ? Exemple de l'Anjou-Saumur

A l'échelle d'Anjou-Saumur, une poursuite du réchauffement est attendue au cours du 21^e siècle. Relativement à la période de référence (1976-2005), la température moyenne annuelle d'Anjou-Saumur devrait augmenter de +0.8°C à +1.1°C dans un futur proche (2011-2040), et de +1.1°C à +3.8°C dans un futur lointain (2071-2100). Ce réchauffement devrait faire évoluer le climat viticole d'Anjou-Saumur de "frais" à "tempéré", ceci sous

réserve des mesures d'atténuation⁸. En effet, selon le scénario climatique le plus pessimiste (RCP 8.5), le climat pourrait même être comparable au climat actuel du sud de la France à l'horizon 2071-2100. Les projections climatiques indiquent que le changement climatique sera vraiment notable à partir de 2050 où les modifications majeures du climat prendront alors le pas sur la variabilité interannuelle. Concernant les extrêmes de tem-

pératures, les résultats illustrent une diminution des nombres de jours de gel au printemps, alors que le nombre de jours de fortes chaleurs estivales (Tmax > 35°C) pourrait augmenter jusqu'à +12 jours vers la fin de ce siècle. Bien qu'aucune modification significative concernant les précipitations n'ait été mise en évidence pour le 21^e siècle, l'intensité de la sécheresse est susceptible d'évoluer.

⁷ G Les cépages blancs sont le Melon, le Chenin blanc et le Sauvignon blanc, et les cépages rouges sont le Cabernet franc, le Gamay et le Grolleau noir.

⁸ L'atténuation concerne un ensemble de mesures humaines (e.g. économiques, technologiques), visant à réduire les sources d'émissions de gaz à effet de serre.

Quels sont les impacts attendus sur la viticulture au cours du 21^e siècle ?

Les différents scénarios climatiques du 21^e siècle font apparaître d'importantes modifications viticoles. Par exemple, les résultats sur la base des projections climatiques montrent que les stades phénologiques de la vigne vont subir d'importantes avancées. Les dates de floraison devraient avancer de 4 à 6 jours dans un futur proche et de 5 à 17 jours dans un futur lointain. Les dates de véraison devraient également avancer de 5 à 8 jours dans un futur proche et de 9 à 28

jours dans un futur lointain. Ces réponses phénologiques sont attendues d'être accompagnées par des changements importants dans des aspects quantitatifs (e.g. biomasse, rendement) et qualitatifs (e.g. composition des raisins) de la vigne. Toutefois, une des spécificités du Val de Loire étant sa grande diversité viticole, les changements climatiques entraîneront des conséquences diverses, à la fois bénéfiques ou négatives, en fonction de différents critères tels que le cépage

cultivé, la nature du sol ou encore le type de vin produit. Par exemple, les cépages tels que le Chenin et le Cabernet franc devraient être favorisés par la poursuite du réchauffement, permettant une maturité plus importante. A l'inverse, les cépages précoces (e.g. Gamay, Chardonnay) pourraient atteindre une période de maturité trop précoce (e.g. au cœur de l'été), ce qui devrait conduire à des raisins riches en sucres, peu acides et par voie de conséquence, donneront des vins déséquilibrés.

Conclusion

Bien que l'activité viticole soit fortement influencée par le viticulteur, l'analyse des données agroclimatiques issues des réseaux de mesures (sur plusieurs décennies) a permis d'évaluer l'impact de l'évolution climatique sur la viticulture. La vigne "a répondu" au réchauffement climatique par une avancée des stades phénologiques, une diminution de l'acidité des raisins et une augmentation de la teneur

en sucre, ce qui se traduit par un degré d'alcool plus important dans les vins. Le changement climatique actuel « est appelé » à se poursuivre, voir à s'intensifier dans le futur. La poursuite d'un réchauffement au cours du 21^e siècle devrait conduire à une avancée significative des stades phénologiques ; comme cela a été observé ces dernières décennies. Cette avancée très plausible de la phénologie de la vigne

pose de nombreuses questions à la viticulture, allant de la qualité et la typicité des vins dans les prochaines décennies jusqu'à l'aptitude des cépages actuellement cultivés à long terme. Afin de faire face aux effets du changement climatique, à savoir, lutter contre ses impacts environnementaux et socio-économiques, l'adaptation des pratiques viticoles et œnologiques devient essentielle.

Références

GIEC (2013) Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis

Barbeau G (2007) Climat et vigne en moyenne vallée de la Loire, France. Congrès sur le climat et la viticulture. Saragosse, Espagne, 10-14 avril, seconde session "climat et terroir": 96-101

Bonnefoy C, Quénot H, Planchon O, Barbeau G (2010) Températures et indices bioclimatiques dans le vignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique. *EchoGéo* 14, <http://echogeo.revues.org/12146>

Bonnefoy C, Quénot H, Bonnardot V, Barbeau G, Madelin M et al. (2012) Temporal and spatial analyses of temperature in a French wine-producing area: the Loire Valley. *Int J Climatol* 33: 1849-1862

Neethling E, Barbeau G, Bonnefoy C, Quénot H (2012) Change in climate and berry composition for grapevine varieties cultivated in the Loire Valley. *Clim Res* 53: 89-101

Etude climat XXI

réalisée dans le Loir & Cher et le Centre Val de Loire en 2015-2016

Les résultats de l'étude Clima-XXI réalisée en 2015 sont très intéressants pour comprendre les effets attendus du changement climatique pour notre viticulture. Cette étude

menée par les élèves ingénieurs de l'ESITPA donne une projection climatique sur 10 départements dont le site de Noyers-sur-Cher en Touraine Centre Val de Loire. Les

données issues d'un modèle climatique (modèle Aladin avec scénario SRES A1B) ont été compilées par Frédéric Levraut de la Chambre régionale de Poitou-Charentes.

Etude ESITPA, prévisions à Noyers/Cher en 2080

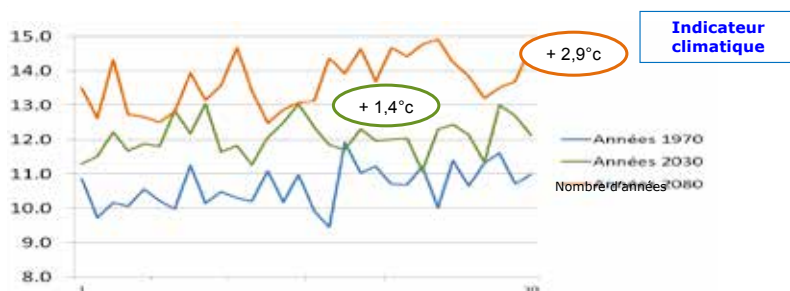
En se basant sur les données météo estimées par le modèle puis ensuite comparées aux données réelles enregistrées ("débiaisées") pour les années 1970 (de 1956 à 1985), les données sont anticipées pour les années 2030 (de 2016 à 2045) et modélisées pour les années 2080 (de 2066 à 2095).

Premier constat, sur Noyers-sur-Cher, les températures moyennes annuelles devraient gagner 1.4 °C

pour la période 2030 et 2.9°C pour celle de 2080.

Pour la période 2080, une année

considérée comme froide sera plus chaude que l'année la plus chaude de la période 1970.



La vigne ne gèlera-t-elle plus ?

Le modèle prévoit un recul significatif des gelées printanières (<0°C), lié à l'accroissement des températures. Du 15 mars au 15 mai, dans les années 2030, on comptera moins de 12 jours de gel durant ces 2 mois, et une année sur deux présentera 5 jours de gel ou moins durant cette même période.

Dans les années 2080, on comptera moins de 8 jours de gel durant ces

2 mois, et une année sur deux ne présentera que 2 jours de gel ou moins sur cette période.

De plus, on constate par exemple que le débourrement a été avancé de 7 jours en 30 ans (moyenne des 6 cépages principaux en Loir et Cher). Cependant, le débourrement ne devrait intervenir au plus tôt avant le 15 mars en 2080. Des études complémentaires devront être ap-

profondes dans ce sens.

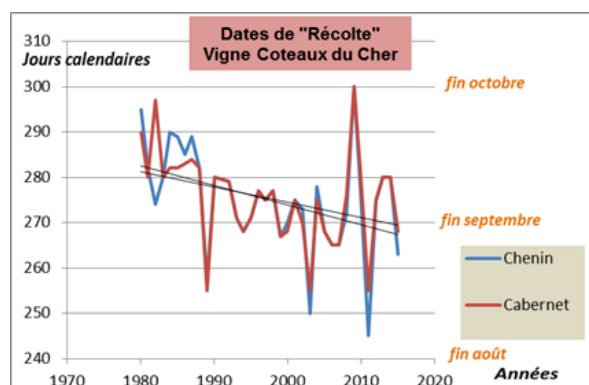
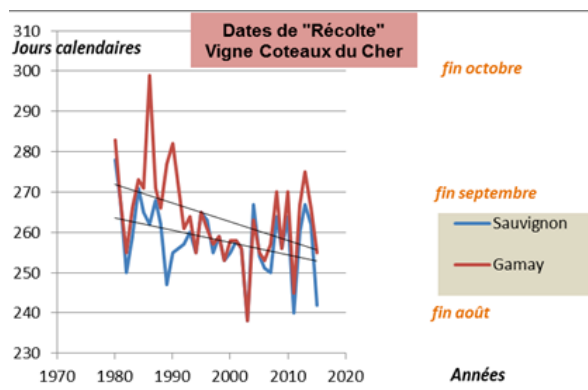
En conclusion, le risque gel de printemps va diminuer mais il subsistera toujours et un matin de gel suffit pour faire des dégâts au vignoble. Les risques de gel d'hiver vont aussi fortement baisser car il n'y aura plus de jours où la Température sera < -10°C du 15/12 au 28/02 à partir de la période 2030.

Des vendanges de plus en plus précoces ?

L'avancée des dates de vendanges est déjà une réalité. La date de récolte du cépage Chenin a par

exemple avancé de plus de 12 jours en 30 ans, soit 4 jours de précocité tous les 10 ans. Cette précocité est

directement liée à la hausse des températures.



L'indice de Winkler = la Somme des températures moyennes journalières base 10°C du 1^{er} avril au

30 octobre permet de démontrer que la somme des températures va accélérer la maturation. L'indice

correspondant à la Maturité du Sauvignon est de 1200°C cumulés et de 1400° pour le Cabernet.

Maximum	1 590	1 735	2 243
9ème décile	1 434	1 649	2 076
4ème quintile	1 335	1 619	2 057
Médiane	1 178	1 480	1 869
1er quintile	1 092	1 372	1 713
1er décile	1 022	1 307	1 611
Minimum	922	1 259	1 445
	Années 1970	Années 2030	Années 2080

L'indice montre que la maturité sera atteinte beaucoup plus tôt.

On peut même s'inquiéter pour la fraîcheur aromatique de nos sauvignons.

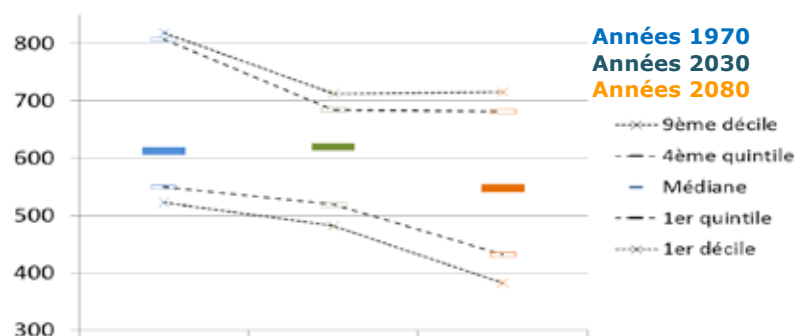
Les vendanges seront plus précoces mais aussi plus chaudes ce qui nécessitera de vendanger de nuit pour limiter la consommation de frigories et limiter l'oxydation des moûts. Mais même les nuits seront plus chaudes en septembre. Pour

les valeurs médianes, cet accroissement est de 1,2°C entre les années 1970 et les années 2030, puis de 2,5°C entre les années 2030 et les années 2080.

Moins de pluies estivales ?

On constate une diminution du cumul annuel des précipitations à la fin du XXI^e siècle. En valeur médiane, les cumuls se maintiennent entre les années 1970 et les années 2030, puis diminuent de 50 à 80 mm entre les années 2030 et les années 2080. La baisse du cumul des pluies sera surtout marquée sur les mois de juillet, août et septembre d'où le risque de voir apparaître des stress hydriques à prendre en compte sur les choix d'itinéraires techniques.

Cumul des précipitations du 1^{er} Mai au 31 Août à Noyers



Mais plus de risque de stress hydriques et de grillures ?

Une forte augmentation du nombre de jours >32°C est prévue par le modèle sur la période estivale. Les conséquences peuvent se traduire par des risques de grillure de la ven-

dange et surtout par les risques de stress hydriques. Inexistants en année médiane dans les années 1970, ces jours chauds sont au nombre de 25 ou plus une année sur deux

dans les années 2080, certaines années comptant 45 jours chauds, soit 1 jour sur 2.

Suites à donner ...

Tous les résultats présentés sont une modélisation de l'évolution du climat en prenant le scénario SRES A1B. Il est jugé "intermédiaire" par les experts. En fonction de la trajectoire climatique que nous prendrons à l'avenir (lié fortement à la maîtrise de la concentration des gaz à effet de serre), il n'est pas à écarter que ce scénario soit sous-estimé. Les experts parlent d'un autre scénario plus pessimiste appelé A2. Par

conséquent, ces paramètres doivent interpellier les viticulteurs et les pouvoirs publics pour anticiper les évolutions de cahier des charges des appellations et du matériel végétal.

Ce travail fait sur le site de Noyers/cher (Touraine 41) a été étendu en 2016 selon deux cadres :

- Des études ESITPA sur les vignobles de la Champagne, du Muscadet, du Bordelais, du Rhône

- De l'étude régionalisée sur les aléas climatiques en Centre Val de Loire sur les sites de :

- Bourgueil,
- Chinon,
- Montloui/Amboise,
- Vouvray,
- Pouillé
- Cheverny
- Vendomois/Coteaux du Loir
- Reuilly/Quincy
- Sancerre/Giennois

Les premiers enjeux identifiés pour la viticulture du Val de Loire

Le changement climatique est maintenant une réalité pour nos vignobles du Val de Loire. Nous avons déjà identifié les principaux enjeux et les conséquences en termes d'adaptation. Nous pouvons citer les éléments suivants pour les :

Facteurs agro viticoles

- Choix des Terroirs (1^{ères} côtes/plateaux) ?
 - Positionnement intéressant qui serait favorable par rapport à un stress hydrique
- Localisation et/ou délocalisation des cépages ?
 - Sauvignon – rosé Gamay, Pinot Noir
- Introduction de nouveaux cépages ?
 - Plus adapté au contexte changeant (cépages méridionaux?)
- Renouveau de nos cépages rouges ?
 - Regain d'intérêt
- Choix de nouveaux portes greffes ?
 - Résistance au stress hydrique, surveillance des bio-agresseurs et nouveaux parasitisme et vecteurs ?
 - Cochenilles italiennes, flavescences dorées, Xyllela fastidiosa, Erinose

- Changement d'équilibre entre maladies cryptogamiques (oïdium – mildiou)

Facteurs agro climatiques

- Gestion des risques gels printemps ?
 - Occurrence en baisse mais toujours existant
- Choix méthode lutte : Lutte mécanique VS VCI, Stocks
- Gestion des chaos climatiques ?
 - Episodes soudains
 - Grêle de nuit
 - Inondations, cumuls précipitations brusques
- Gestion des stress hydriques, irrigation et réservoirs d'eau + outils de pilotage ?
 - Disponibilité et utilisation de l'eau

Facteurs liés au vin

- Nouveau profil de vins notamment des blancs ?
 - Evolution du profil aromatique : Sauvignon
- Gestion des surmaturités ?
 - Ecueil ou non? → Acidification

Facteurs liés à l'organisation du travail

- Chantier à la vigne de jour ?
 - Pénibilité du travail
- Récolte de nuit ?
 - Gestion du personnel
 - Cohabitation voisinage

Facteurs liés aux besoins d'énergie en froid

- Besoin en énergie froid pour climatisation des bâtiments de stockage ?
 - Coût, bilan carbone, possibilité
- Besoin en énergie froid à la vendange ?
 - Forte demande en peu de temps

Facteurs Economiques

- surcoût de l'adaptation ?
 - Isolation bâtiment, installation irrigation, consommation énergie
 - Transport bouteilles en camion frigo
 - Coût personnel de nuit

Autres

- Adaptation des CDC (Cahiers des Charges des AOP) ?
 - Délimitation, cépage, d°mini, Rdt, densité /ha, gestion palissage, gestion de la taille, acidification

Les vins de demain seront-ils appréciés par les consommateurs ?

De nombreuses études estiment que le réchauffement climatique aura des conséquences importantes sur la composition chimique des raisins récoltés. Par conséquent, les caractéristiques des vins bénéficiant d'une certification d'origine peuvent changer considérablement. Dans cet article, nous donnons les résultats des expériences de labo-

ratoire réalisées en France (avec des vins de Bordeaux et Languedoc-Roussillon) pour (i) anticiper l'évaluation des consommateurs de vins du réchauffement climatique et (ii) montrer comment les consommateurs peuvent accepter les processus de vinification telles que la réduction de la teneur en alcool et le renforcement de l'acidité.

La méthodologie utilisée est celle de l'économie expérimentale avec une évaluation directe des consentements à payer des participants à une expérience en laboratoire. Nous montrons pourquoi cette méthode d'évaluation permet de mesurer efficacement la difficulté potentielle des consommateurs à s'adapter aux vins du futur.

Introduction

Il est aujourd'hui communément admis que le réchauffement climatique a des conséquences importantes sur les caractéristiques des vins produits dans de nombreux vignobles à travers le monde (Duchêne et al., 2004 ; Schultz, 2000, 2010, ; Jones, 2010). Ces modifications se traduisent de façon évidente par une augmentation du degré d'alcool et par une diminution structurelle du niveau d'acidité¹, mais elles concernent également un grand nombre de paramètres plus ou moins facilement mesurables. Le phénomène prend sa source dans une modification de la composition chimique des raisins récoltés en conditions de maturité excessive. Dès lors, les vins issus de leurs vinifications, sont systématiquement marqués par des nuances caractéristiques de fruits confiturés (Pons et al., 2012) rappelant ainsi l'expression aromatique traditionnelle des vins élaborés sous les latitudes plus chaudes et sèches.

Cette évolution restera très dépendante des bassins de production et de leur contexte climatique. Beau-

coup d'observateurs considèrent de plus qu'elle n'est pas nécessairement dramatique du point de vue de la qualité des vins et qu'il faut bien avoir conscience que les vins produits aujourd'hui n'ont jamais été aussi bons et équilibrés². On remarque par ailleurs que ces caractéristiques organoleptiques se retrouvent actuellement aujourd'hui pour décrire l'arôme des vins issus de raisins récoltés tardivement, en état de surmaturité (Allamy et al., 2015). Par ailleurs, certaines pratiques culturelles favorisant la maturation du raisin, comme par exemple l'application répétée d'effeuillages ou des vendanges en vert trop poussées peuvent accentuer l'intensité de ces nuances de fruits confiturés tout en modifiant également l'équilibre gustatif de ces vins (plus riche en alcool, moins acide). De fait une meilleure maîtrise de l'état sanitaire fait qu'il est possible de récolter le raisin plus mûr que par le passé. Au final, ces vins qui demeurent à ce jour "atypique" dans une région de production comme Bordeaux sont déjà présents sur le marché ce qui

veut dire qu'ils répondent peu ou prou aux attentes d'une certaine clientèle, quand ils ne sont pas valorisés par certaines sommités de la critique des vins³.

Si cette valorisation actuelle se maintenait sur le long terme et se généralisait sur les marchés, le réchauffement climatique apparaîtrait alors comme une aubaine pour certains producteurs. Dans le cas contraire, on pourrait assister à une évolution des équilibres offre-demande sur le marché du vin. Par exemple, si les vignobles septentrionaux (voire d'autres vignobles non encore en culture) arrivaient à proposer des vins moins alcoolisés ou présentant des sensations de fraîcheur, répondant plus aux attentes des nouvelles générations de consommateurs. Dès lors, on peut imaginer que les solutions pour les producteurs du sud pour favoriser un retour à la normale des caractéristiques des vins et maintenir leurs parts de marché seraient de faire appel à des adaptations agromonomiques, telles que l'évolution de l'encépagement par exemple, ou de

¹ Sur le seul terrain d'action de la présente étude, on observe que la moyenne du titre alcoométrique des vins offerts sur les marchés a évolué de + 2 degrés de la période 1985 à la période 2015, alors que le niveau d'acidité a baissé de 0,5 g/l H2SO4.

² See for example <http://bordeauxclassicwine.fr/2016/03/le-gout-du-vin-de-bordeaux-deux-millennaires-d-histoire.html>

³ Ainsi, comme le soulignent la plupart des observateurs (e.g. Mc Coy, 2005 ; Barthelemy, 2010 ; Agostini and Guichard, 2007) le célèbre critique des années 1980-2010, Robert Parker, possédait un goût fortement orienté, entre autres, sur l'utilisation de raisins très mûrs, des vins riches et plutôt confits. L'influence de cette personnalité, a fortement orienté à cette époque les modes de production d'un grand nombre de propriétés des vins de Bordeaux dans cette direction.

mettre en œuvre des technologies œnologiques correctives des vins⁴.

Cet article expose les résultats de deux expériences menées séparément concernant, d'une part la réaction des consommateurs vis-à-vis des vins issus du réchauffement climatique (l'expérience menée sur des vins commercialisés de Bordeaux) et d'autre part vis-à-vis des innovations œnologiques capables de réduire le degré d'alcool et d'augmenter l'acidité des vins (expériences menées à partir des vins commercialisés du Languedoc Roussillon). Dans les deux cas, nous avons mobilisé la technique de l'économie expérimentale afin de mesurer les préférences des consommateurs par leur consentement à payer (CAP)⁵ pour chacun des vins proposés au cours de l'expérience. Ces expériences ont été menées en laboratoires (salles d'analyses sensorielles), la mesure du CAP étant effectuée par une procédure de révélation directe (le consommateur déclare le CAP en fonction de l'information dont il dispose sur le vin) et incitative (le consommateur est incité à dire la vérité sur ce CAP). Le processus est en ce sens similaire à celui utilisé dans les travaux de Lange et

al. (2002) et Combris et al. (2009) pour le marché du vin. Cette procédure par laquelle le consommateur s'engage à acheter in situ un produit correspondant à ses attentes, s'avère être un outil puissant pour crédibiliser les réponses fournies à l'expérimentateur.

La première expérience aboutit au résultat, qu'en première intention, les consommateurs préfèrent significativement un vin associé à une évolution qui pourrait être celle observée avec un phénomène de réchauffement climatique, en comparaison d'un vin plus traditionnel (à tout le moins alcoolisé et plus acide) mais que cette préférence est fortement instable. Il semble que la condition d'achat sur le long terme ne soit pas garantie et que des effets de saturation apparaissent assez rapidement après une consommation répétée. Ce résultat qui vient confirmer des effets mesurés en analyse sensorielle sur d'autres domaines de l'alimentation (e.g. Lévy et al. (2006) ; Köster, 2009) renforce les craintes que nous avons soulignées plus haut concernant l'adéquation offre-demande sur le long terme. Il nous engage à explorer la voie des stratégies œnologiques suite

aux premières analyses effectuées par Urbano et al. (2007) ; Meillon et al. (2010 a,b). A l'instar de ces travaux nous n'obtenons pas, lors de notre deuxième expérience, de préférences marquées de la part des consommateurs. Même si les vins proposés étaient fortement différenciés sur le degré d'alcool (et uniquement sur ce critère) ou sur le niveau d'acidité (là encore uniquement sur ce paramètre) nous n'avons pas trouvé de hiérarchie significative. Néanmoins, ceci ne veut pas dire que les consommateurs ne distinguent pas les vins entre eux et qu'ils ne soient pas capables de discriminer les vins. Nous montrons en effet comment les données agrégées des CAPs masquent des préférences individuelles particulièrement marquées, mais fortement hétérogènes. Il existe de ce fait une forte segmentation des consommateurs .

Après avoir expliqué le fonctionnement de ces deux expériences dans les sections suivantes, nous expliquons en conclusion pourquoi celles-ci devraient être élargies, pour parvenir à une évaluation complète des perspectives du réchauffement climatique du point de vue des consommateurs.

Perception et acceptabilité des vins du Réchauffement Climatique par les consommateurs

Une première série d'expériences a été menée à Bordeaux en 2013 à partir de vins sélectionnés au sein d'une même appellation d'origine contrôlée (AOC) bordelaise. Trois vins du même millésime (2010) de cette appellation ont été sélectionnés pour cette expérience. Bien que considérés comme typiques de leur AOC, ces vins ont été largement différenciés sur les critères antagonistes de "fruits frais" et de "fruits confiturés" que nous avons suppo-

sés comme étant les marqueurs du réchauffement climatique. Un vin A présentait l'intensité "fruits cuits" la plus faible et vin B diamétralement opposé, l'intensité la plus forte (le vin A avait par ailleurs une teneur en alcool de 13.9 % vol. et le vin B une teneur de 15.2 % vol.). Un vin C avait également été sélectionné avec une intensité intermédiaire et un niveau d'alcool atteignant 14.4% vol. Enfin, un vin "pirate" A' avait été confectionné

à partir du vin A, par un ajout artificiel d'éthanol (+ 1.3 % vol.) afin de retrouver le niveau exact de la teneur en éthanol du vin B.

Le recrutement des consommateurs pour le marché expérimental s'est effectué par les services d'une société spécialisée sur la base de critères simples (répartition en fonction des quotas habituels de consommateurs-acheteurs de vins et garantie que ces consomma-

⁴ Les solutions agronomiques peuvent passer par des conduites à la parcelle plus adaptées à l'évolution du climat ou par le recours à des variétés de cépages donnant moins de sucre (Van Leeuwen et al., 2013). Les solutions œnologiques sont également nombreuses et concernent à la fois l'utilisation de levures avec un rendement de transformation sucre/alcool plus faible, la distillation sous vide, l'osmose inverse ou l'utilisation de membranes pour réduire le degré d'alcool ou moduler l'acidité des vins (voir Agüera et al., 2010 ; Escudier et al., 2011, ainsi que le dossier coordonné par Teissedre, 2013).

⁵ Le CAP est défini comme le prix maximum consenti pour acheter un vin, c'est-à-dire le prix au-delà duquel un consommateur refuse d'acheter.

teurs étaient des acheteurs réguliers de vins de Bordeaux de plus de 15 €). Au total, 184 consommateurs ont été retenus et répartis en deux groupes G1 et G2 avec sensiblement les mêmes répartitions sur les critères de l'âge, du sexe, des catégories socio-professionnelles et des habitudes de consommation. Ces deux groupes étaient soumis

au même protocole expérimental en salle de dégustation. Néanmoins, le groupe G2 était beaucoup plus familiarisé avec les vins 'extrêmes' A et B afin d'effectuer une analyse comparative de ces deux vins dans le cadre d'une dégustation "à la maison". Pour cela une bouteille anonymée de chaque vin (avec les seules mentions 'A'

et 'B' en guise d'étiquetage) leur avait été préalablement fournie. Notons que ces consommateurs du groupe G2 n'étaient à aucun moment avertis que les vins A et B étaient également présents le jour de l'expérience en laboratoire, celle-ci étant, dans son déroulement, strictement identique à celle effectuée avec le groupe G1.

Protocole expérimental

L'évaluation des vins par les consommateurs des groupes G1 et G2 s'est effectuée dans la région bordelaise dans une salle d'analyse sensorielle (NF - ISO 8589). Les échantillons de vins étaient présentés de façon anonyme à l'aide de codes à trois chiffres et présentés dans un ordre différent d'un consommateur à l'autre. Les quatre vins étaient présentés simultanément à chacun des consommateurs.

Le protocole expérimental proposé est un protocole en information croissante respectant au mieux les étapes classiques de dégustation. Ces étapes 1 à 5 sont décrites dans le tableau 1. On remarquera notamment notre décision d'informer au préalable les consommateurs

sur le nom de l'AOC retenue et le millésime du vin. L'objectif était de fournir un cadre de référence à la fois commun et minimal pour ne pas engendrer trop de perturbations cognitives et des différences inter-individuelles liées à une évaluation en pure aveugle. Par la suite les consommateurs découvraient les différents vins depuis l'appréciation olfactive jusqu'à l'étape gustative. Enfin nous avons informé les consommateurs sur le degré d'alcool réel des vins pour tester si cette information pouvait remettre en cause certains jugements et même les ordres de préférences entre les vins.

A chaque étape informationnelle, chaque consommateur devait ré-

vélérer son CAP. Bien entendu, un consommateur avait donc la possibilité de réviser son CAP pour un vin en fonction de l'information complémentaire dont il disposait à une nouvelle étape du tableau 1. La révélation du CAP était obtenue par la méthode de Becker, DeGroot et Marschak (BDM, 1964) qui consiste simplement à tirer au hasard un prix de marché pour chaque vin dans une urne⁶. A la fin d'une séance expérimentale, un seul vin (A, B, C ou A') ainsi qu'une situation informationnelle du tableau 1 étaient tirés au hasard. Le consommateur pouvait ainsi être amené à acheter réellement le produit pour peu que son CAP déclaré soit supérieur au prix de vente tiré au hasard.

Etapes informationnelles	Descriptions	Réponses du consommateur
1 - AOC - Millésime	Information commune aux quatre vins sur le nom de l'AOC Bordelaise et le millésime (2010)	Révélation d'un seul CAP
2 - AOC - Millésime + Visuel	Evaluation supplémentaire de la couleur de chacun des quatre vins	Révélation d'un CAP pour chaque vin évalué
3 - AOC - Millésime + Visuelle + Olfactif	Evaluation supplémentaire des arômes de chacun des quatre vins	Révélation d'un CAP pour chaque vin évalué
4 - AOC - Millésime + Visuelle + Olfactif + Gustatif	Evaluation supplémentaire du goût de chacun des quatre vins	Révélation d'un CAP pour chaque vin évalué
5 - AOC - Millésime + Visuelle + Olfactif + Gustatif + Degré d'alcool	Information supplémentaire donnée sur le degré d'alcool exact de chacun des quatre vins	Révélation d'un CAP pour chaque vin évalué

Tableau 1 - Récapitulatif des différentes étapes informationnelles du protocole expérimental en information croissante.

⁶ On trouve dans la littérature en économie expérimentale (e.g Lusk, Roosen et Shogren, 2011) plusieurs méthodes de révélations des CAPs, chacune ayant son avantage particulier. La méthode BDM la plus utilisée par les auteurs possède l'intérêt d'être facilement compréhensible par un consommateur lambda et donc concrètement implementable dans le cadre d'un marché expérimental.

Résultats

Les évaluations des consommateurs ont été relativement hétérogènes au fil des étapes, certains n'hésitant pas à modifier, à la baisse ou à la hausse, des CAP déclarés en fonction des informations supplémentaires qui leur étaient apportées au cours de l'expérience. Néanmoins, il est possible de représenter, étape par étape, le CAP moyen, avec un écart type relativement faible (de l'ordre de 5.6). Il faut noter par ailleurs que les CAPs étaient sensiblement inférieurs aux prix de vente observés sur les marchés (ce qui est classique dans ce type d'expérience, cf Lusk et Shogren, 2007) mais qu'ils étaient néanmoins assez cohérents

(CAPs relevés de l'ordre de 9€). Le résultat que nous voulons principalement mettre en évidence dans cet article concerne la différence de comportement des deux groupes de consommateurs G1 et G2 au final de l'évaluation des vins, c'est-à-dire à l'étape 4 de l'information gustative et à l'étape 5 de l'information sur le degré d'alcool des vins.

A ce stade de l'expérience, le vin B, le plus alcoolisé, était très nettement préféré au vin A pour le groupe G1. Les analyses statistiques (ANOVA et comparaison par paires à l'aide du test de Duncan, $p < 0,05$) montrent une préférence significative du vin B par rapport au

vin A. Le vin C intermédiaire obtient un CAP moyen également intermédiaire entre le vin A et le vin B. A l'inverse, le vin 'pirate' A' obtient le CAP moyen le plus faible. On notera que dans ce cas, la différence avec le vin A n'est cependant pas significative. En d'autres termes le vin A' est bien compétitif sur le marché, sans être a priori considéré par les consommateurs comme un vin aberrant. En outre, l'information du titre alcoométrique ne modifie pas de manière significative les CAPS moyens de chaque vin (Figure 1). Cette information n'impacte en rien le jugement des consommateurs après dégustation.

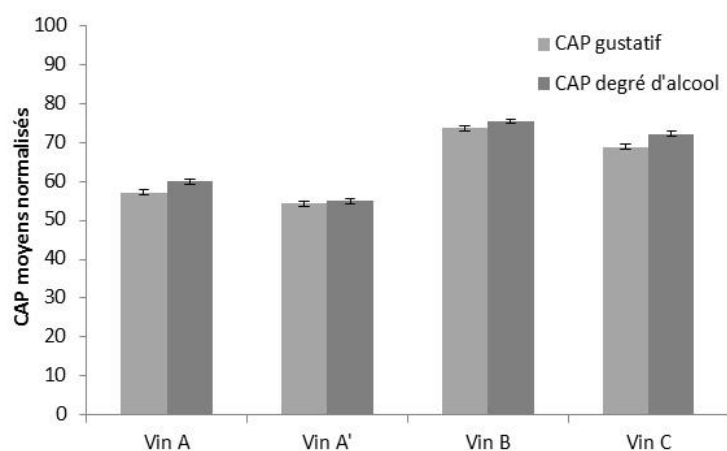



Figure 1—Consentements à Payer moyens normalisés (CAP obtenu à la première étape de l'expérience = 100) par vin pour les étapes gustatives et degré d'alcool (titre alcoométrique volumique)

Effet de la familiarisation sur les Consentements à Payer

Il est aujourd'hui bien connu que l'exposition répétée à un produit a un effet important sur les préférences des consommateurs, d'une part parce que la complexité d'un produit alimentaire est fortement liée à ce temps d'exposition (e.g. Berlyne, 1967, et plus récemment Lévy, Mac Raeb and Köster, 2006 ; Meillon et al., 2010) et d'autre part parce que la consommation répétée provoque des effets de saturation (e.g. Glanzer, 1953 ; Rolls et al., 1981, Van Trijp, 1994; Lévy and Köster, 1999).

Dans notre cas, nous avons montré comment l'évaluation des consommateurs du groupe G1 peut effectivement être largement remise en question après familiarisation avec les vins. Pour le groupe G2, le vin A devient équivalent au vin B, et avec une valeur moyenne du CAP supérieure. Le vin C obtient là encore un CAP intermédiaire entre le vin A et le vin B, alors que le vin A' est maintenant considéré comme très inférieur et de façon significative à l'ensemble des autres vins.

Le point important est que cette inversion des préférences n'est pas particulièrement liée à une meilleure appréciation du vin A entre les deux groupes (le CAP pour ce vin ne varie que de 6% entre les deux groupes et en plus de façon non significative). Il s'agit au contraire d'un désintérêt pour le vin B qui perd plus de 20% entre le groupe G1 et le groupe G2. Ce désintérêt, mesuré ici à la dernière étape du protocole, est en réalité perceptible dès l'étape olfactive de l'expérience. L'analyse complémentaire



des données hédoniques montrent que si 63 % des consommateurs du groupe 1 plébiscitaient le vin B, justement pour son caractère de fruit cuit, seulement 39 % répondaient positivement à la même question pour ce qui concerne le groupe G2.

Nous avons ainsi pu vérifier que les consommateurs du groupe G2 ont modifié leurs préférences suite à une exposition répétée des deux vins. Ils expriment ainsi un effet de saturation suite à la consommation répétée du vin B, plus alcoolisé (15,2%vol) et concentré que le vin A.

Considérant ces résultats les vins issus du Réchauffement Climatique risquent d'être boudés par les consommateurs, au moins sur le long terme ; certaines évolutions des caractéristiques ayant un impact négatif sur l'acceptabilité des vins.

en collaboration avec : *Alejandro Fuentes Espinoza (INRA-ISW), Stéphanie Pérès (BSA-ISW), Alexandre Pons (ISW), Sophie Tempère (Univ Bordeaux-ISW), Alain Samson (INRA Pech Rouge), Jean-Louis Escudier INRA Pech Rouge, Philippe Darriet (Univ Bordeaux-ISW)*

Remerciements

Cette recherche a bénéficié du soutien de l'INRA-ACCAF "méta-programme" et du Conseil Régional d'Aquitaine pour le projet LACCAVE (Impacts et adaptation à long terme au changement climatique en Viticulture et Œnologie). Les auteurs remercient également, Hernan Ojeda de l'INRA Pech-Rouge, ainsi que Pierre Combris de l'INRA-Versailles (France) qui nous ont fortement aidés dans l'élaboration de la deuxième partie du travail présenté dans cet article.

La double performance **environnement – qualité** sera-t-elle nécessaire à **la compétitivité** de nos vins ? Quelle perception par les consommateurs ?

Depuis quelques années, les filières agricoles sont au cœur de la problématique de protection environnementale. Les pouvoirs publics en font une priorité. En France, la loi n°2009-967 stipule que *“les consommateurs doivent disposer d’une information environnementale sincère, objective et complète portant sur les caractéristiques globales du couple produit/emballage”* sur les produits de grande consommation. Des études montrent effectivement qu’il existe une volonté des consommateurs quant à l’accès à l’évaluation de la performance environnementale, notamment sous forme d’un affichage compréhensible et “universel” [1, 2, 3] Cependant, pour la filière viti-vinicole, des études ont montré que la majorité des consommateurs *“ne recherchent pas, lorsqu’ils choisissent un vin, d’informations complémentaires sur l’environnement”* et *“sont peu intéressés par un label environnemental”* [4].

Matériels et Méthodes

Ce travail est effectué par étude quantitative dans la continuité des précédents travaux menés par [18]. Les résultats présentés s’appuient sur les enquêtes réalisées successivement en 2012, 2013, 2014 et 2015 auprès de 3 700 consommateurs mais s’attacheront plus particulièrement à ceux issus de l’enquête menée en 2014. L’élaboration du questionnaire d’enquête s’articule autour de trois axes :

- l’implication du consommateur dans le monde du vin
- l’implication du consommateur dans l’environnement

A ce jour, aucun travail sur l’impact de la notoriété d’un vin sur la perception environnementale par les consommateurs n’a été réalisé. Cette question apparaît importante dans le cas d’un produit agricole à forte valeur ajoutée, offrant une très large offre de produits différents par leur label, leur notoriété, leur prix et leur qualité organoleptique ou environnementale. Même si aucune contrainte concernant le respect environnemental n’est inscrite dans le cahier des charges des AOC, il semble pourtant que ce signe d’appellation apparaisse aux yeux des consommateurs comme une promesse de respect environnemental plus ou moins forte selon leur implication dans les problématiques environnementales [4]. Lors de l’acte d’achat en supermarché, le consommateur choisit un vin principalement en fonction du vignoble et de l’appellation [5]. La majorité des études concernant la consommation du vin segmente la population en fonction de la

fréquence de consommation [6]. Jourjon et al ont montré l’importance d’une segmentation en fonction du niveau d’implication dans le monde du vin. Parallèlement, d’autres études se sont attachées à comprendre les implications d’une “conscience environnementale” chez les consommateurs, [7 à 17]. Ce travail cherche à étudier l’impact d’une labellisation de type AOC sur la perception du respect environnemental qu’y associe le consommateur. Le premier axe de travail cherche à savoir si la perception environnementale du consommateur est influencée par son niveau d’implication dans l’environnement et dans le monde du vin. Le second axe de travail vise à savoir si, dans l’esprit du consommateur, une AOC respecte plus l’environnement qu’une autre catégorie de vin (IGP, Vin de France). Enfin, le troisième axe de travail cherche à savoir si la “réputation” d’une AOC influence le consommateur sur sa perception environnementale.

• la perception du consommateur concernant le respect porté à l’environnement lors de la production d’un vin de type AOC (Appellation d’Origine Contrôlée), IGP (Indication Géographique Protégée) ou VDT (Vin de France). Pour les AOC, nous intégrons des questions spécifiques en lien avec leur réputation et leur région viticole d’appartenance. Les questions relatives à l’implication du consommateur dans le monde du vin, sont issues d’études précédentes [4-18] Les questions liées à l’implication du consommateur dans l’environnement

ment sont basées sur le modèle proposé par [19]. Selon ce modèle, l’intérêt du consommateur pour l’environnement peut être évalué à travers son comportement d’éco-achat, ses connaissances et attitudes envers l’environnement, son comportement face au recyclage et l’importance portée aux initiatives politiques en matière environnementale. Pour chaque variable, les questions sont présentées aux enquêtés selon une échelle de Likert de 1 à 5 (le chiffre 1 correspondant à “pas du tout d’accord” et le chiffre

5 à "tout à fait d'accord"). Suite aux retours des questionnaires, la pertinence des questions concernant l'implication vin et l'implication environnement a été vérifiée et validée par ACP. Le troisième axe concernant la perception du respect environnemental de la production du vin est sous divisé en quatre sous-parties : i) le respect environnemental de chaque AOC (10 questions) ii) perception de la notoriété de chaque AOC (10 questions) iii) perception du respect environnemental de chaque catégorie de vin (AOC, IGP, VDT) iv)

perception du respect environnemental de chaque région viticole (5 questions). Pour la sous-partie concernant les AOC, nous avons choisi par région viticole deux AOC : une étant très réputée, l'autre étant moins réputée et correspondant à une appellation générique (ex : pour Bordeaux : "Saint Emilion" et "Bordeaux"). Le choix des AOC, comme celui des régions est fait à partir des travaux de [20-21] sur la notoriété des AOC françaises en France. Pour éviter tout biais dans les réponses, chaque AOC a fait l'ob-

jet d'une question indépendante. L'ordre des questions concernant chacune des AOC a été randomisé avant la diffusion du questionnaire (pour ne pas avoir à chaque fois l'AOC très réputée avant l'AOC réputée) mais reste le même pour tous les questionnaires. Les réponses ont été collectées par internet via le logiciel Question Data. Les questionnaires ont été envoyés en mars 2014 par mail en s'appuyant sur plusieurs bases de données fournies par les Vignerons Indépendants de France (VIF), Familles Rurales et l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers (ESA). Il a aussi été diffusé sur les forums "Consommation éthique" et "60 millions de consommateurs" et des réseaux personnels. 1 051 réponses complètes ont été obtenues (Figure 1) La segmentation de l'échantillon en fonction de l'implication vin et environnement est effectuée par un calcul de la somme des notes données aux questions de l'axe 1 et 2. L'échantillon est ensuite divisé entre trois classes, pour avoir trois niveaux d'implication (Faible, Moyen, Fort) : V1, V2, V3. et E1, E2, E3. Les bornes de chaque classe ont été déterminées afin de pouvoir analyser statistiquement chaque classe (Tableau 1).

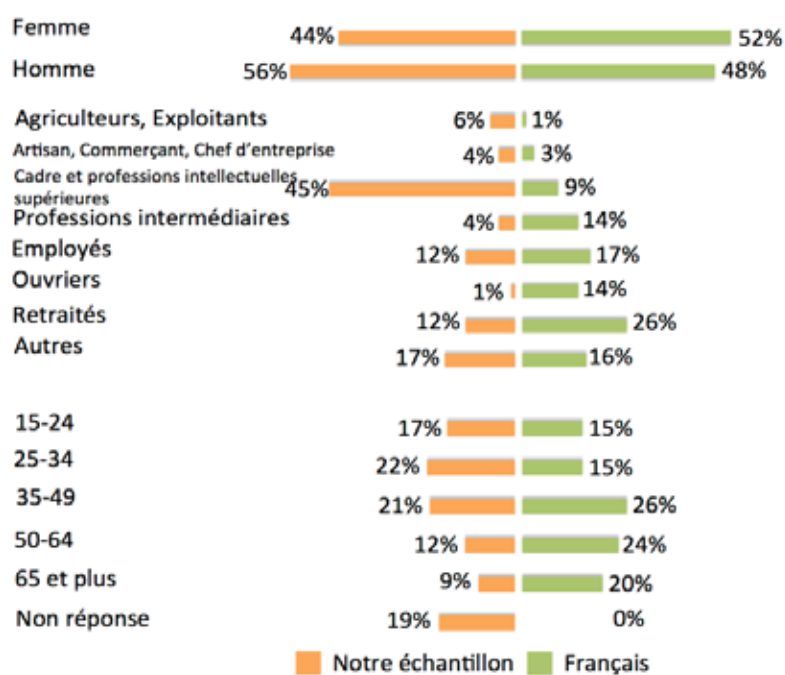


Figure 1 : Caractérisation de notre échantillon par rapport à la population française

Variable	Classes	Effectifs	%	Lieu d'achat	%	Fréquence consommation	%	Profession en relation avec le vin	%
implivin	V1	305	29	Directement au producteur	60	Tous les jours	17	oui	29
	V2	357	34	Chez un caviste spécialisé	39	2 à 3 fois par semaine	37		
	V3	389	37	En grande distribution	58	2 à 3 fois par mois	33		
implienv	E1	306	29	Sur internet	3	1 fois par mois	7	non	71
	E2	362	34			Moins d'une fois par mois	3		
	E3	383	36	Salon professionnel	8	Jamais	3		

Tableau 1 : caractérisation de notre échantillon

Le traitement des données est réalisé à partir de tris à plat, de tris croisés, d'Analyse en Composante Principale (ACP) et d'Analyse de Variance (ANOVA). L'analyse des résultats comprend plusieurs étapes : une vérification de l'influence de

l'implication vin et de l'implication environnement sur la notation de la perception du respect environnemental, puis une analyse de la perception du respect environnemental par catégorie de vin, par régions et par AOC. Les différentes

classes établies sont croisées avec les questions du troisième axe de l'enquête pour identifier d'éventuels comportements divergents entre les groupes. Ces traitements sont réalisés grâce au logiciel de statistique XLSTAT 2014.

Résultats

Dans un premier temps, l'influence de l'implication vin et de l'implication environnementale sur la perception du respect environnemental du vin ont été vérifiées, pour toutes les catégories de vin confondues (Figure 2). Si l'on regarde la segmentation des consommateurs selon l'implication "vin", deux groupes se distinguent : les personnes les moins impliquées dans le vin (V1) considèrent le vin comme moins respectueux de l'environnement que des personnes plus impliquées (V2 et V3). Donc plus une personne est impliquée dans le monde du vin, plus elle a une perception favorable du respect environnemental de la production du vin. La corrélation est inverse concernant l'implication environnementale : les personnes les plus impliquées dans l'environnement notent plus sévèrement le respect environnemental du vin par rapport aux personnes moins impliquées (E1 et E2). Ces différences sont significatives, pour autant il faut être prudent vis-à-vis de l'échelle utilisée ; les notes

moyennes de chaque classe étant assez proches.

La même analyse a été menée en se plaçant au niveau de chaque catégorie de vin : AOC (Appellation d'Origine Contrôlée), IGP (Indication Géographique Protégée) et VDT (Vin de France) (Figure 3). L'analyse statistique permet de remarquer des différences significatives entre chaque catégorie. Les vins de types AOC ont en moyenne une note supérieure par rapport aux vins IGP, qui ont eux-mêmes une note supérieure par rapport aux vins de France. Donc en moyenne, les personnes de notre échantillon considèrent que la production d'un vin AOC est plus respectueuse de l'environnement, que celle d'un vin de type IGP.

De la même façon, un vin IGP a une production considérée plus respectueuse de l'environnement que celle d'un vin de France. Ces résultats sont indépendants du niveau d'implication "vin" et "environnement" de chaque individu : une personne non connaisseur du vin (V1) ou non

impliquée environnementalement (E1) notera dans le même ordre le respect environnemental des AOC, des IGP et des VDT, qu'une personne très impliquée (V3).

La figure 4 présente la distribution des réponses des enquêtés concernant les résultats présentés sur la figure 3 : ce n'est pas parce que les VDT ont la note moyenne la moins respectueuse que tous les enquêtés ont mis une note basse. En fonction de la catégorie de vin, il y a une proportion de chaque réponse qui est plus ou moins importante : la catégorie AOC a une proportion plus importante de notes "respectueuses" et "très respectueuses", que les catégories IGP et VDT. (Figure 2)

En observant uniquement les résultats de la catégorie AOC, nous avons fait des comparaisons entre les 5 régions viticoles retenues. L'implication environnementale a été croisée avec les notes de perception du respect environnemental de la production pour chaque ré-

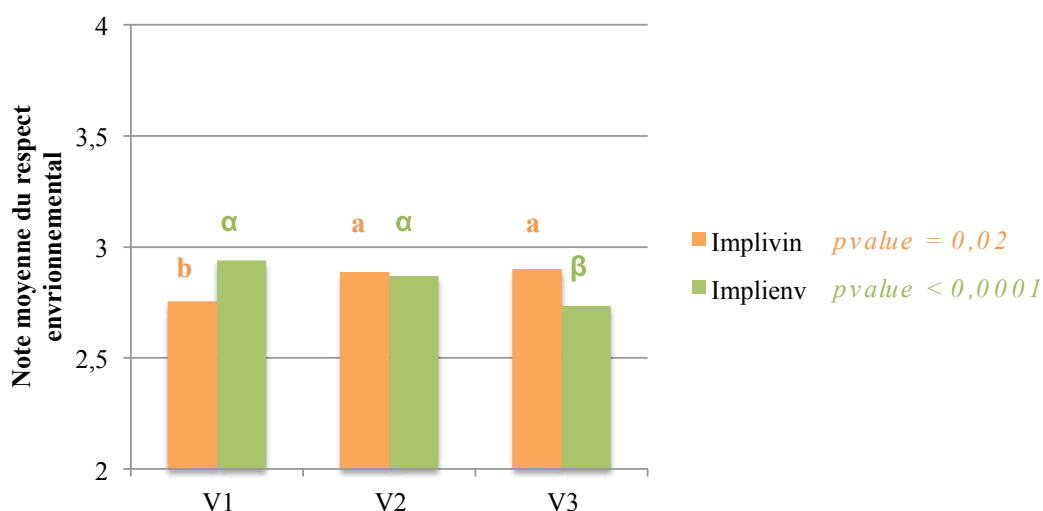


Figure 2 : Note moyenne de la perception du respect environnemental du vin pour chaque classe de notre échantillon

gion : en accord avec nos résultats précédents, plus une personne est impliquée dans l'environnement plus sa perception du respect environnemental est faible.

L'Alsace est mieux notée que les autres régions et Bordeaux est jugée moins respectueuse de l'environnement par tous les groupes, en particulier par les plus impliqués (E3). Le même type de croisement a été fait entre implication vin et note du respect environnemental : là encore plus une personne est impliquée dans l'environnement plus elle a une perception favorable du respect environnemental dans la région, sauf pour la Vallée du Rhône et Bordeaux. Donc que ce

soit pour l'implication vin ou l'implication environnementale, Bordeaux est considéré comme la région la moins respectueuse de l'environnement par toutes les classes de notre échantillon et surtout par les plus impliqués (E3 et V3). La Bourgogne est aussi jugée dans une moindre mesure plus sévèrement par ces deux classes, tandis que la Vallée du Rhône a une note identique pour les classes V2 et V3.

Concernant la comparaison de la perception du respect environnemental entre les 10 AOC du questionnaire, deux cas de figure se présentent : soit l'AOC ayant une réputation très haute est perçue comme plus respectueuse de l'en-

vironnement que l'AOC ayant une réputation plus faible (Saint Emilion versus Bordeaux ; Châteauneuf du Pape vs Vallée du Rhône) ; soit il n'y a pas de différence significative entre les deux AOC d'une même région (Cas de l'Alsace, Vallée de la Loire et Bourgogne). La perception du respect environnemental d'une AOC n'est donc pas uniquement fonction du niveau de notoriété de cette AOC, il y a aussi une forte contribution de la région viticole de l'AOC. Il semble donc que ce soit plutôt la région qui influence les consommateurs sur leur perception du respect environnemental d'une AOC. (Figures 3 et 4)

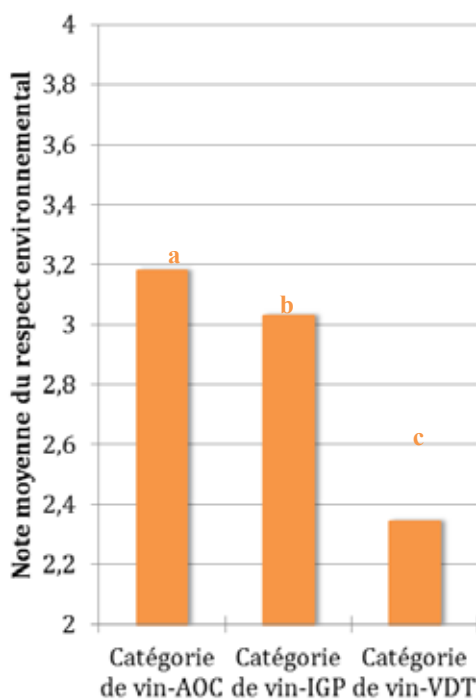


Figure 3 : note moyenne de la perception du respect environnemental de chaque catégorie de vin

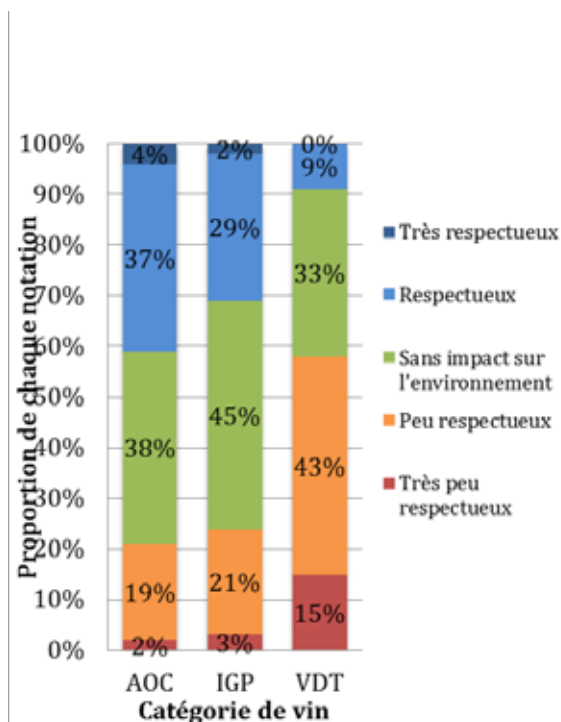


Figure 4 : proportion de chaque type de réponse dans la notation moyenne des catégories de vin

Discussion

L'approche menée dans cette étude étant relativement nouvelle, les résultats présentés sont difficilement comparables à d'autres travaux. Nos résultats concernant la "hiérarchisation" des AOC et des ré-

gions par rapport à leur réputation sont cependant conformes à ceux issus des travaux de [20 et 21] qui s'intéressaient à la réputation et la notoriété des AOC et des régions. La difficulté majeure de nos travaux

réside dans la représentativité de notre échantillon par rapport aux notions d'implication "vin" et "environnement". D'une part, nous ne possédons pas de données nationales permettant de valider la

segmentation de notre échantillon ; d'autre part nous avons de manière récurrente dans ce genre d'étude une surreprésentation des personnes les plus impliquées dans le vin et dans l'environnement qui tiennent à deux raisons majeures. La première provient des bases de données utilisées pour la diffusion du questionnaire entraînant une sur représentation des classes "cadres et professions intermédiaires" (45 % de notre échantillon) et de fait un % de consommateurs à implication vin et environnement plus élevée. La seconde tient au fait que l'échelle de Likert n'a pas été utilisée entièrement par les enquêtés, qui ont répondu sur une partie restreinte de celle-ci. Par exemple pour les questions liées à notre segmentation, nous avons eu très peu de personnes qui ont noté 1 ou 2. Pour ces

deux raisons, nous avons construit les classes d'implication en tenant compte de ce décalage de notation de manière à avoir trois niveaux d'implication (Faible, Moyen, Fort) ayant des intervalles de notation égaux sur une échelle corrigée. Cette segmentation a permis de donner des effectifs équivalents (Tableau 1) pour chaque classe. Notre échantillon présente également une surreprésentation d'individus issus de la région Ouest. Nous avons vérifié si cette surreprésentation entraînait un biais trop important dans l'analyse de nos résultats, notamment pour la note basse attribuée à la région bordelaise. Pour cela, nous avons refait les analyses pour comparer les réponses des individus de l'Ouest à celles des autres consommateurs, les différences ne sont pas signi-

ficatives. Donc même s'il y a une proportion supérieure d'habitants de l'Ouest, leurs réponses sont cohérentes avec celles des habitants des autres régions : ce biais reste donc mineur.

Il est cependant important de relativiser nos résultats car à la question "Quelles sont les trois principales raisons pour lesquelles vous choisiriez un vin AOC plutôt qu'un autre type de vin ? (Cochez trois réponses), la réponse "des modes de production moins polluants" n'est sortie qu'à 4 %. Le respect environnemental ne fait pas partie des trois premières idées associées au choix d'une AOC, qui sont : "tradition" et "savoir-faire", "lieu de production garanti et une meilleure qualité gustative".

Conclusion

- Cette étude confirme de nouveau la pertinence de la segmentation des consommateurs vis-à-vis de leur implication dans le monde du vin et/ou dans l'environnement, en particulier lorsque l'on s'intéresse à des questions spécifiques comme la perception des démarches environnementales. Plus une personne est impliquée dans le monde du vin, plus elle considère les processus de production du vin comme respectueux de l'environnement. A l'inverse, plus une personne est impliquée dans l'environnement plus elle considère les processus de production du vin comme moins respectueux de l'environnement.
- Nos résultats ont montré que les consommateurs perçoivent des différences significatives entre les signes de qualité du vin concernant le respect environnemental lors des processus de production. L'AOC semble effectivement être perçue comme "plus

respectueux de l'environnement" suivi de près par les IGP. Dans l'esprit du consommateur, les Vin de France sont perçus comme les moins respectueux de l'environnement. Au-delà de ces trois facteurs influençant la perception environnementale (implication vin, implication environnement et catégorie de vin), nous remarquons que la réputation d'une AOC peut avoir une influence sur la perception du respect environnemental. Effectivement, dans l'esprit des consommateurs et dans le cas de Bordeaux et de la Vallée du Rhône, les AOC à très forte réputation sont significativement perçues plus respectueuses de l'environnement que les AOC à réputation moyenne. Dans les autres régions (Val de Loire, Alsace, Bourgogne), aucune différence significative n'est observable entre les deux niveaux AOC. L'impact de la région viticole semble donc plus important que la réputation d'une AOC quant

à la perception du respect environnemental par les consommateurs. Même si les messages environnementaux ne sont pas une attente prioritaire évoquée par les consommateurs de vin pour l'achat de vins d'AOC, l'image environnementale des régions répond à un enjeu important et peut impacter la notoriété des régions... chaque année des exemples de campagne médiatique pointant des sujets « environnementaux » en témoignent.

- Dans un contexte de montée en puissance des mouvements bio et de sensibilité sociétale accrue vis-à-vis des questions environnementales, il peut être intéressant pour les bassins de production viticoles d'intégrer cette perception environnementale des consommateurs et d'être vigilants sur la stratégie de communication collective autour des démarches environnementales mises en œuvre sur un plan national ou dans chaque région.

La construction d'une adaptation locale des pratiques viticoles au changement climatique

Contexte et objectif

Les impacts attribuables au changement climatique sont déjà visibles et éminents sur la viticulture. En effet, l'impact du changement climatique varie selon la région viticole, mais en général, une avancée des stades phénologiques de la vigne et une évolution de la composition des raisins ont été observées. Selon les dernières projections climatiques du rapport du GIEC¹, la température moyenne du globe va continuer à augmenter de +1.0°C à 3.7°C d'ici la fin du 21^e siècle. Même si les évolutions climatiques au cours du dernier siècle ont été favorables à un bon fonctionnement de la vigne

en Val de Loire, notamment pour des cépages tardifs comme le Cabernet franc et le Chenin, l'adaptation de la viticulture au changement climatique va devenir un enjeu essentiel, particulièrement dans un souci de préservation de la qualité et la typicité des vins des différentes appellations d'origine. Toutefois, celle-ci doit être raisonnée à différentes échelles spatiales et temporelles en lien avec une meilleure compréhension des caractéristiques de l'environnement local. En effet, les facteurs tels que la topographie et la nature du sol ont des effets importants sur la variabilité

locale du climat et du comportement de la vigne, et par voie de conséquence sur la qualité et la typicité du vin. Dans ce contexte, ce travail a pour objectif d'étudier la variabilité spatiale du climat et du comportement de la vigne à l'échelle fine des terroirs viticoles. Conduit à l'échelle fine des terroirs viticoles, il permettra de mieux évaluer les stratégies d'adaptation à mettre en œuvre à différentes échelles temporelles (court, moyen, long terme) et spatiales (parcelle, exploitation, territoire).

Matériels et méthodes

L'étude est réalisée en moyenne vallée de la Loire, France. A l'échelle fine des vignobles, un dispositif de mesures climatiques et agronomiques a été mis en place en 2009 dans l'AOP Coteaux du Layon (500ha) (Figure 1). Ce site a été équipé de 4 stations météorologiques, 3 pluviomètres et 25 capteurs de température (Figure 2). Ces dispositifs de mesures climatiques ont été installés en fonction des caractéristiques de la topographie

et de la nature du sol. En 2013, un second dispositif a été mis en place à l'échelle fine de l'AOP Saumur Champigny, principalement dans les communes de Souzay-Champigny et Dampierre sur Loire (Figure 1). Ce site compte 4 stations météorologiques, 3 pluviomètres et 35 capteurs de température. Ces deux sites sont très contrastés aux points de vue géo-pédologique, mésoclimatique et de production de vin, avec un relief plus marqué

dans les Coteaux du Layon et une influence importante de la Loire dans le Saumur Champigny. Afin d'évaluer l'influence de la variabilité spatiale de la température sur le fonctionnement de la vigne, des notations des stades phénologiques et des contrôles de maturités ont été effectués sur 12 parcelles de Chenin dans les Coteaux du Layon et sur 12 parcelles de Cabernet franc en Saumur Champigny.

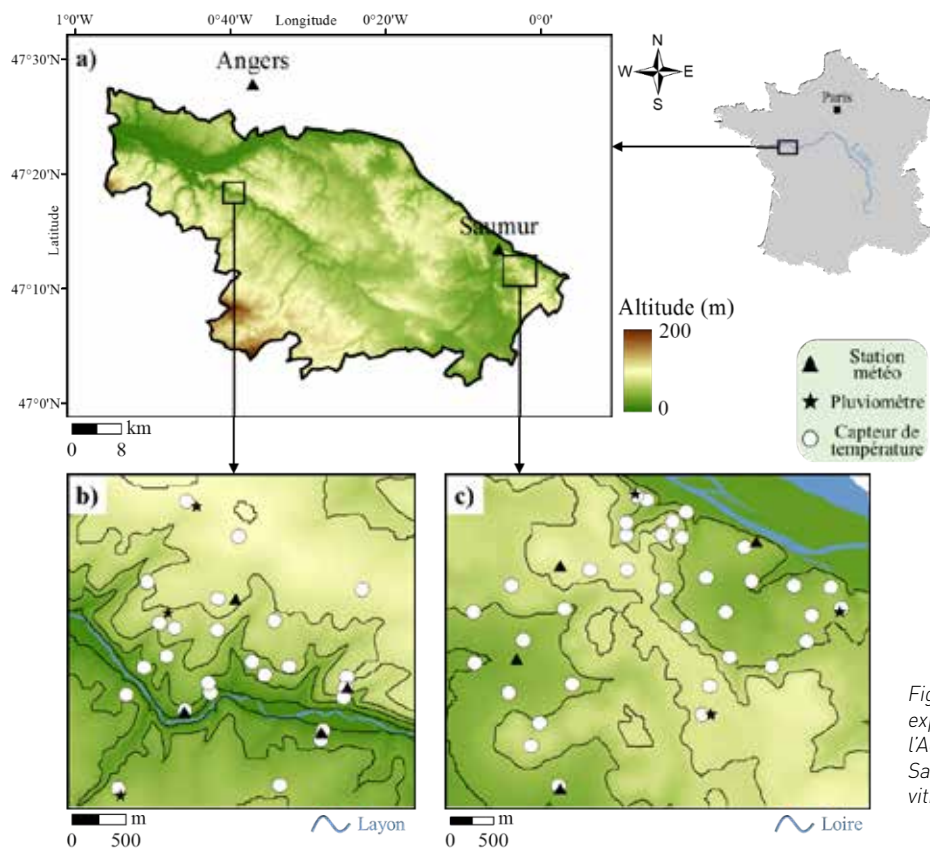


Figure 1 : Position des deux sites expérimentaux à l'échelle fine de (b) l'AOP Coteaux du layon et (c) l'AOP Saumur Champigny dans la région viticole de l'Anjou-Saumur, France.



Figure 2 : a, b) Station météorologique et pluviomètre installés à proximité des vignes et c) capteur de température installé au sein de la parcelle, sur un piquet en bois.

Résultats et discussions

Au cours du cycle végétatif des millésimes de 2013 à 2015, une forte variabilité des températures et des indices bioclimatiques a été observée. Par exemple, en 2013, la température moyenne d'avril à septembre, soit la température du cycle végétatif a varié de 1.1°C entre les capteurs dans les Coteaux du Layon et de 0,9°C en Saumur Champigny (Tableau 1). Cette variabilité de la température, liée à l'altitude, l'exposition et la proximité des parcelles à la rivière, était encore plus évidente lors des épisodes de gel printanier ou des journées estivales de forte chaleur. Il ressort

que la variabilité spatiale de la température aux échelles fines peut être du même ordre de grandeur que la variabilité spatiale observée aux échelles larges, comme par exemple entre deux régions viticoles. En effet, la température moyenne d'avril à septembre est de 17,0°C à Beaulieu sur Layon et de 17,4°C à Saumur pour la période de 1991 à 2010, soit un écart de 0,4°C entre ces deux régions viticoles. Dans l'ensemble, la variabilité du climat local en relation avec les caractéristiques du sol (notamment sa capacité de rétention en eau) et des pratiques viticoles s'est traduite par

des différences de fonctionnement de la vigne et de composition des raisins. Ces résultats montrent qu'il existe des solutions d'adaptation au changement climatique à l'échelle fine des terroirs viticoles, au sein même des appellations, en termes de variabilité spatiale des températures, de propriétés du sol ainsi que de pratiques culturales, en particulier celles liées à l'entretien des sols. Etant donné que l'adaptation au changement climatique est un enjeu majeur pour les prochaines décennies, nos résultats indiquent l'importance de conduire des études à l'échelle fine des terroirs viticoles.

Température et indices bioclimatiques	COTEAUX DU LAYON		SAUMUR CHAMPIGNY	
	Observés	Ecarts	Observés	Ecarts
Température moyenne (°C, avr.- sept.)	16,0 à 17,1	1,1°C	16,4 à 17,2	0,9°C
Température minimale (°C, Gel printemps)	-1,2 à 2,8	4,0°C	-2,0 à 2,6	4,6°C
Température maximale (°C, Canicule été)	35,5 à 37,7	2,2°C	35,3 à 38,8	3,5°C
Indice de Huglin (IH)	1795 à 1976	181	1821 à 2005	184
Indice de fraîcheur des nuits (°C, IF)	8,7 à 11,4	2,7°C	9,4 à 11,9	2,5°C
Comportement de la vigne	Observé	Ecarts	Observé	Ecarts
Mi-floraison (j)	30/06 à 04/07	4j	27/06 à 30/06	3j
Mi-véraison (j)	29/08 à 04/09	6j	31/08 à 07/09	7j
Indice de Maturité le 26/09/2013	14,5 à 26,7	12,2	17,4 à 27,1	9,7

Tableau 1 : Variabilité spatiale du climat (température et indices bioclimatiques) et du comportement de la vigne observée en 2013 à l'échelle fine des AOP Coteaux du Layon (Chenin blanc) et Saumur Champigny (Cabernet franc)

Conclusion et perspectives

Dans le contexte du changement climatique, où les incertitudes sur l'évolution future du climat sont nombreuses, la connaissance du milieu local (i.e. conditions édaphiques et climatiques) permet de mieux évaluer dès à présent des pratiques annuelles et pérennes à l'échelle parcellaire. En effet, une adaptation aux sensibilités climatiques actuelles devrait améliorer la résilience future de la vigne, face à un climat changeant.

A l'aide d'une connaissance accrue du milieu local et des potentialités agroclimatiques, le savoir-faire du viticulteur peut évoluer vers un meilleur raisonnement des modes de conduite (e.g. la gestion de la vigueur, du sol,...) à court terme et le choix du matériel végétal (i.e. porte-greffe et cépage) à moyen et à long terme. Par exemple, la modélisation de l'évolution du bilan hydrique dans les vignobles de l'AOP Coteaux du Layon est ici

un bon exemple d'outil d'aide à la décision (Figure 3). Ces résultats issus des études climatiques et édaphiques² devraient pouvoir sensibiliser le viticulteur sur les itinéraires techniques les plus appropriés en fonction de la nature du sol et le type de vin qu'il souhaite produire. Une adaptation progressive à l'évolution du climat devrait permettre de rendre la filière moins vulnérable au climat futur.

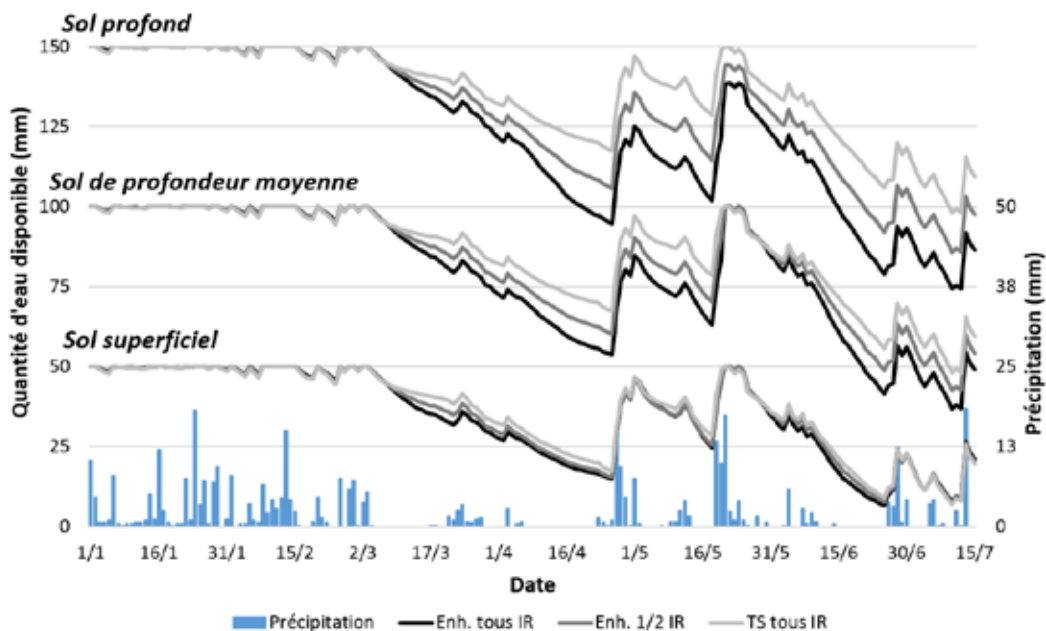


Figure 3 : Modélisation de l'évolution du bilan hydrique dans les vignobles de l'AOP Coteaux du Layon du 1^{er} avril au 15 juillet 2014, selon trois parcelles dont la nature du sol (i.e. sol superficiel, profondeur moyenne, profond) et les pratiques viticoles dans les interrangs sont différentes (i.e. Enh. Tous IR = Enherbement dans tous les interrangs, Enh. 1/2 IR = Enherbement un rang sur deux, TS tous IR = Travail du sol dans tous les interrangs).

Ces travaux de recherche sur l'adaptation de la viticulture au changement climatique sont poursuivis aujourd'hui dans le cadre du projet LIFE-ADVICLIM. Financé par le programme européen LIFE pour la période de 2014 à 2019, ce projet a pour objectif de prouver que la gestion de l'adaptation des territoires viticoles et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre

de la filière, doivent être gérées au niveau de la parcelle. Pour démontrer l'intérêt d'une gestion locale, le projet développera des technologies qui permettent aux producteurs d'évaluer les impacts du changement climatique à l'échelle locale, de simuler des scénarii d'adaptation au changement climatique et également grâce à un outil de calcul spécifique, de mesurer le bilan carbone

de leurs techniques et d'obtenir des conseils d'experts. Ces technologies sont en cours d'expérimentation dans quatre pays européens : les vignobles du Val-de-Loire et de Saint-Emilion pour la France, de Geisenheim (Allemagne), de Cotnari (Roumanie) et du Sussex (Grande Bretagne).

Quelles solutions pour gérer les Aléas climatiques ?

Les aléas climatiques (gel, grêle, sécheresse...) semblent se multiplier ces dernières années, sans doute sous l'influence du changement climatique. Les précautions

de base (choix de la parcelle, des cépages, des porte-greffes, pratiques culturales...) ne semblent plus suffisantes pour se prémunir contre ces fléaux. Cet article vous

présente donc les actions préventives à mettre en place, ainsi que les dispositions existantes pour faire face à la situation quand les dégâts sont présents.

Les actions préventives

Protection du vignoble

Le gel

Tours éoliennes



Associées ou non à un système de chauffage, elles permettent de brasser l'air un peu moins froid des couches supérieures et limite la perte de chaleur par rayonnement (gelées blanches).

coût environ 35 000 € pour la protection de 5 ha. Consommation : 120 l de fuel par heure.

Inconvénients : Nuisances sonores, pollution en cas de chauffage.

Bougies et Chauffeuses



A base de paraffine ou de fioul, elles réchauffent l'atmosphère au niveau de la vigne, mais permettent également de limiter la perte de température par rayonnement grâce à l'action de la fumée dégagée. L'allumage et l'alimentation en fuel des

chauffeuses peut être automatisé. Coût : environ 800 €/ha et 1 h de main-d'œuvre pour chaque allumage pour les bougies.

300 à 900 l/h/ha de fuel pour les chauffeuses.

inconvénients : pollution, besoin en main-d'œuvre pour la mise en place et pour l'allumage, perte de la majorité de l'énergie dans l'atmosphère.

Fil chauffant (encore expérimental) Il s'agit d'un câble électrique solide du fil porteur qui réchauffe la zone des bourgeons (5 à 10 cm autour du câble) par convection. L'installation comporte le fil, le générateur d'électricité et les capteurs.

Coût : environ 40 000 €/ha, deux heures de maintenance annuelle et consommation d'électricité.

Inconvénients : coût à l'hectare, à réserver aux vignes à haute valeur ajoutée.

Aspersion



La présence continue d'eau au niveau des organes végétatifs limite

la baisse en température à 0°C. Les canons asperseurs sont disposés tous les 15-20 m.

Coût : environ 4 à 8 000 €/ha pour l'installation et 100 à 300 € par ha pour le fonctionnement et la maintenance.

Inconvénients : forte consommation d'eau (50 m³ par ha et par heure de fonctionnement). Dégâts accentués si l'aspersion est insuffisante.

Frostbuster

Provenant de l'arboriculture, il s'agit d'un souffleur à gaz tracté autour et dans la vigne (si vigne suffisamment large) qui permet de réchauffer l'air ambiant. La longueur et la durée du parcours dépendent de l'importance de la gelée.

Coût : environ 20 000 € à l'achat. Consommation de 350 € environ de gaz et de carburant par passage, hors main-d'œuvre.

Inconvénients : gabarit des machines existantes peu adapté à la vigne, efficacité limitée.

Pulvérisation de molécules protectrices

Méthode encore expérimentale consistant à pulvériser des oligosaccharides qui permettent à la vigne de mieux résister aux gelées de printemps (1 à 2°C).



La grêle

Détection radar

La protection contre la grêle suppose une détection précise des orages porteurs de grêlons. Les radars Doppler, seuls vraiment efficaces sont trop onéreux pour une acquisition à l'échelle de la production. La solution vient donc plutôt d'abonnements à des systèmes d'alerte (SMS, mail...)

Fusées

Des fusées à base d'iodure d'argent permettent de multiplier le nombre de petits grêlons dans le nuage d'orage par ensemencement, évitant ainsi la formation de gros

grêlons qui auraient une énergie cinétique plus importante, source de dégâts. Coût : environ 120 €/fusée ; 1 à 3 fusées utilisées par orage.

Inconvénients : système relativement dangereux et difficile à mettre en œuvre par l'utilisateur (en progrès avec les déclencheurs électriques), difficulté pour envoyer les fusées dans le courant ascendant du nuage.



Canons anti-grêle

Ces canons envoient un explosif à base de mélange de gaz et d'air

qui provoque une onde de choc à l'intérieur du nuage, empêchant l'agglomération de gros grêlons. Inefficace si les gros grêlons sont déjà formés.

Coût : environ 15 000 €/canon, mutualisable avec d'autres filières (arboriculture, maraîchage...)

Inconvénients : nuisances sonores importantes, utilisation 5 à 20 minutes avant la formation des grêlons, ce qui nécessite une détection très précise.



Sources de subvention

Ces investissements peuvent être aidés dans le cadre des plans de compétitivité et d'adaptation des exploitations (PCAE) mis en œuvre par l'État et les Régions (FEADER), voire par les collectivités locales.

Constitutions de réserves

Volume complémentaire individuel (VCI)

Dans les millésimes favorables, le VCI permet à chaque exploitant de déclarer un volume en appellation au-delà du rendement autorisé pour l'année. Les limites de rendements sont fixées annuellement par l'INAO, après demande des ODG.

Le VCI joue à la fois le rôle d'assurance récolte et d'assurance qualité. Assurance récolte car les volumes complémentaires cumulés pourront être revendiqués en AOC si le rendement de l'exploitation est inférieur au rendement autorisé (aléa climatique). Assurance qualité car les volumes placés en VCI peuvent aussi être revendiqués en substitution d'un volume équivalent récolté l'année n+1 si le récoltant juge ce dernier insuffisant sur le plan qualitatif (le volume équivalent de la récolte n+1 est alors livré aux usages industriels). Au niveau d'une appellation, le VCI ne pèse pas sur les stocks, car il ne

Grandes cultures, viticulture, arboriculture, prairies : le contrat socle indemnise les pertes supérieures à 30 %*

(*) Sur la base des coûts de production engagés. Des garanties supplémentaires pourront être souscrites pour retrouver la couverture du contrat MRC actuel.

Equivalent à l'actuelle assurance récolte MRC

Contrat socle subventionné à 65 % <ul style="list-style-type: none">• Indemnise les pertes de quantité des récoltes dues à des aléas climatiques (1)• Rendement moyen historique actualisé• Prix assuré sur la base du coût de production (charges fixes et opérationnelles) fixé forfaitairement• Seuil de déclenchement et franchise de 30 % <small>(1) Sécheresse, vents forts, gelées, inondations, grêle, excès d'eau, gelée, peste de la vigne, etc.</small>	Possibilité de souscrire un niveau 2 d'assurance subventionné à 40 % <ul style="list-style-type: none">• Assurance des pertes de qualité• Rachat de franchise jusqu'à 25 %• Rachat de prix, jusqu'au prix réel de vente• Frais de résensimé	Possibilité de souscrire un niveau 3 d'assurance non subventionné <ul style="list-style-type: none">• Rachat de franchise et de complément de prix
--	---	---

Les subventions finançant l'assurance récolte proviennent de l'Union Européenne.

peut être utilisé que dans la limite du rendement autorisé annuellement. C'est un dispositif qui permet de prévenir les déséquilibres entre offre et demande, liés aux aléas climatiques par exemple. Il contribue, au niveau macroéconomique, à la stabilité des cours.

Réserve interprofessionnelle

Mise en place en Champagne, et à l'étude dans de nombreux vignobles, la réserve interprofessionnelle est un modèle de VCI collectif. Chaque producteur peut produire mettre des vins en réserve (jusqu'à 8 000 kg/ha en Champagne), et doit les mettre en marché s'il n'atteint pas un rendement défini chaque année par

l'interprofession. Au contraire du VCI, le déblocage de la réserve est donc géré collectivement.

La réserve interprofessionnelle peut, comme le CVI, être utilisée comme appoint qualitatif.

Assurance récolte

La viticulture étant une culture assurable, elle ne peut prétendre aux indemnités des calamités agricoles. Pourtant, seuls 150 000 ha sur les 800 000 ha du vignoble français sont aujourd'hui assurés.

L'État, la profession et les assureurs travaillent donc actuellement sur un système permettant de mieux mutualiser le risque (assurance obligatoire?).

Les actions post aléas climatiques

Achats de vendanges

Sur une liste de communes déterminée par la DDT (M) en fonction notamment des données météorologiques, en cas de perte de récolte supérieure à 30 % de la moyenne des 5 dernières années en enlevant la récolte plus haute et la plus basse, les producteurs peuvent acheter de la vendange afin de compenser leurs pertes. Un numéro d'accise

négociant n'est pas nécessaire. La récolte plus les achats ne doivent pas dépasser 80 % de la récolte moyenne des 5 dernières années, en enlevant la récolte plus haute et la plus basse.

L'achat ne peut se faire que sur le même cépage, la même AOP ou la même IGP que ceux revendiqués par l'acheteur. Les achats doivent être

tracés dans le registre viti-vinicole. Les volumes achetés et les numéros CVI du vendeur doivent apparaître sur la déclaration de récolte. Les mentions "domaine" et "château" notamment, ne sont pas utilisables. Les exploitants ont la possibilité d'apposer une capsule avec la mention "R" (récoltant).

Mesures fiscales

Des estimations de perte sont faites par les DDT (M) par commune puis sont transmises aux directions régionales des finances publiques (DRFIP). Ces dernières appliquent un dégrèvement de la taxe foncière sur le non bâti (TFNB) au vu de

l'analyse transmise par les DDT (M). La démarche peut être automatique ou individuelle, selon les départements.

Nb : lorsque le bénéfice de l'exonération revient au bailleur, il est dans l'obligation de le répercuter

au locataire.

Au-delà de cette exonération, des facilités de paiement peuvent être appliquées par les DRFIP au vu de la situation de chaque entreprise (TVA, impôts..).

Mesures sociales et financières

Prise en charge du chômage partiel des salariés

Dans les cas les plus graves, les aléas climatiques peuvent entraîner une sous-activité de l'entreprise, nécessitant un arrêt du travail des salariés de l'exploitation. Cet arrêt peut faire l'objet d'une prise en charge d'une partie du revenu des salariés par Pôle Emploi. Les démarches individuelles sont à faire auprès de la DIRECCTE/ITEPSA.

Report et prise en charge des cotisations sociales MSA

En cas de forte baisse de revenus,

la MSA offre la possibilité de reporter les cotisations de l'année en cours. Ce report est reconductible sur 3 ans.

La modulation à la baisse des échéanciers de cotisation est également possible.

La prise en charge des cotisations par la caisse centrale de la MSA pour des filières en crise est également possible. Les aléas climatiques et la crise économique ayant touché l'ensemble de l'agriculture en 2016, ces dispositions ont été accordées prioritairement aux filières élevage et grandes cultures.

Report des annuités bancaires

Le dispositif "année blanche" permet d'obtenir des prêts à taux bas avec une prise en charge partielle des intérêts. Il permet de faire face aux échéances de l'année par un nouveau prêt ou un report en fin de tableau d'amortissement.

En dehors du dispositif "année blanche", le contact avec le conseiller bancaire de l'exploitation est à privilégier pour aménager l'endettement de l'entreprise en cas d'aléa climatique.

Réintégrer l'arbre dans les systèmes agricoles

Pour diversifier la production et renforcer les écosystèmes

L'agroforesterie, une solution pour limiter les gaz à effet de serre ?

L'association de lignes d'arbres et de haies aux différentes productions agricoles présente de nombreux intérêts environnementaux : régulation des flux d'eau, lutte contre l'érosion, stockage de carbone, refuge et trame pour la biodiversité ... Cette pratique fournit également de la biomasse à valoriser, en créant de nouvelles filières et de l'emploi à l'échelle locale. Sans compter que les éléments arborés répondent aux objectifs de l'écoconditionnalité de la PAC. Enfin, ils structurent le paysage et donnent une identité à l'ensemble d'un territoire.

Les plantations d'arbres en bordure - les haies - et en plein champ - l'agroforesterie - sont un levier important pour atténuer les émissions

de gaz à effet de serre, notamment grâce au stockage du carbone.

Ces éléments du paysage limitent aussi l'érosion, régulent les flux d'eau, servent de refuge et de trame pour la biodiversité, atténuent le stress thermique des cultures et des élevages. L'agroforesterie permet aussi de diversifier les activités des exploitations avec le bois de rente, les fruitiers et le bois énergie. Bien qu'étant une pratique ancestrale, l'intégration de l'arbre dans les systèmes de production actuels nécessite de mobiliser des compétences et des références renouvelées, et doit s'accompagner d'une réflexion sur le long terme (retour sur investissement, évolution du climat). Généralement associée à un gain global de pro-

ductivité végétale, mais aussi à une perte de surface et de rendement des cultures annuelles, la mise en place de haies et de parcelles agroforestières doit aussi prendre en compte la question de la concurrence d'usage des sols.

Les choix techniques pour lesquels les impacts environnementaux sont quantifiés sont compatibles avec la mécanisation de l'agriculture. Les calculs sont effectués sur la base de parcelles d'agroforesterie à faible densité dites "stables" avec 30 à 50 arbres par hectare (soit 5 % de la surface occupée par les arbres) et de linéaires de haies représentant 60 à 100 mètres par hectare (soit 1 à 2 % de la surface occupée par les haies).

Bilan technique et environnemental

Impacts environnementaux

Modification du système

Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre

GES : Le stockage de C dans la biomasse et les sols est estimé en moyenne à 1 tC/ha/an, soit 3,7 tCO₂ éq./ha/an sur 20 ans pour une agroforesterie à faible densité et entre 0,55 et 0,92 tCO₂ éq./ha/an pour des haies. Pellerin et al. (2013) estiment un potentiel d'atténuation à 2030 de 2,8 millions de tCO₂ éq./ha/an réparti également entre haies et agroforesterie.

Énergie : L'emploi de machines pour gérer les arbres consomme

du carburant. Mais cette dépense énergétique peut être largement compensée par l'utilisation du bois comme source d'énergie ou dans la construction.

Qualité des sols : Les teneurs en matières organiques sont favorisées par l'augmentation des apports, principalement au niveau des lignes d'arbres. Les linéaires de haies réduisent les risques d'érosion.

Eau : Les pertes de nutriments par ruissellement et lixiviation sont limitées par l'enracinement profond des arbres et la réduction de la surface fertilisée. Une compétition sur l'eau dommageable aux cultures

peut s'instaurer sur les sols à faible réserve utile en période sèche, souvent compensée par une diminution de l'évapotranspiration.

Biodiversité et pression phytosanitaire : Les arbres contribuent à la diversité florale et faunique. La présence induite d'auxiliaires de culture favorise les pratiques de protection des cultures intégrée, mais nécessite aussi une gestion des ravageurs.

Qualité de l'air : Les arbres sont des obstacles aux transferts des gaz, poussières et molécules volatiles. Leur impact n'est pas encore quantifié.

Impacts techniques

Modification du système : En agroforesterie, le système de production est impacté en profondeur et les choix techniques doivent se réfléchir sur le long terme. La production de références adaptées et le conseil technique sont essentiels. L'implantation et l'entretien des arbres et des haies augmentent la charge de travail et exigent du matériel spécifique.

Impacts socio-économiques

Diversification économique : Bois d'œuvre, bois de chauffage, fruits ... Pour les systèmes agroforestiers, la perte de surface cultivée est convertie en capital sur pied valorisable à moyen terme et lors de la transmission de l'exploitation. Des prix élevés pour les céréales réduisent l'intérêt économique de l'agroforesterie et orientent vers le choix d'essences à haute valeur ajoutée.

Productivité : La production des cultures annuelles est généralement réduite (surface et rendement), mais la productivité totale des parcelles est accrue.

Potentiel de développement et limites

Potentiel de développement à l'échelle nationale en 2030 : 400 000 ha de parcelles en agroforesterie et 1,8 Mha avec des haies. Ce développement est condi-



Les arbres atténuent l'exposition des cultures et des animaux aux événements extrêmes.

Coûts : Coûts matériels et/ou de prestation de travail, investissement en formation.

Principaux impacts environnementaux

L'agroforesterie et l'implantation de haies présentent de nombreux intérêts environnementaux. Pour l'agroforesterie, le manque de quantification et de recul rend

difficile l'évaluation à long terme du comportement des parcelles. En France, les plus longs retours d'expérimentation portent sur une durée de 20 à 40 ans. L'appui

d'un conseiller agroforestier et l'échange entre praticiens restent donc essentiels.

Impacts environnementaux positifs	Pour la viticulture
<p>Gaz à effet de serre: Stockage de C dans la biomasse et les sols.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pellerin et al. (2013) évaluent un potentiel de stockage sur 20 ans entre 0, 1 à 1,35 tC/ha/an pour l'agroforesterie et entre 0,04 et 0,4 tC/ha/an pour les haies (valeurs cohérentes avec une valorisation des haies en bois de chauffage). 	<ul style="list-style-type: none"> • Les arbres et le sol sous les arbres stockent plus de C que la vigne, • Si les haies ou l'agroforesterie ne sont pas désherbés, le sol stocke plus de C (pas de relargage par la destruction des herbacés).
<p>Énergie: Plus de consommation de carburant, mais du bois à valoriser.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les consommations de fioul sont accrues du fait des travaux d'implantation, d'entretien et de récolte du bois: 5 l/ha/an en moyenne pour l'agroforesterie et entre 0, 1 et 0,3 l/ha/an pour les haies. Elles peuvent être largement compensées par la substitution du bois de taille des haies à des combustibles fossiles pour le chauffage. La production de matériaux à partir de bois peut aussi permettre la substitution d'énergies fossiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le bois issu de l'agroforesterie et des haies en vigne, peut être utilisé comme activateur de sol (BRF), en bois énergie et à terme, les petits troncs en bois d'œuvre. • La consommation de carburant est la même en viticulture car les arbres occupent des lignes de vigne et les abords de parcelles nécessitent aussi un entretien.
<p>Sols: Amélioration de l'état organique et réduction des risques d'érosion.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bilan organique de la parcelle amélioré par les apports des arbres (décomposition des feuilles et racines fines annuelles) et l'enherbement de la ligne de plantation. • Risques d'érosion généralement réduits par l'enherbement de la ligne au pied des arbres de plein champ et par les linéaires de haies autour des parcelles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les arbres vont aller chercher les minéraux en profondeur et les mettre à disposition en surface (chute de feuilles...). • La matière organique apportée est ligneeuse, donc plus complexe à dégrader et la pédogénèse est activée. L'appauvrissement par l'érosion est très significativement stoppé.
<p>Eau: Un rôle de filtre amélioré, un effet sur la disponibilité dépendant du contexte et peu caractérisé.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction des pertes de nutriments, dont les nitrates, et ce, d'autant plus que le système racinaire des arbres se développe sous celui des cultures. • Moindre fertilisation azotée à l'hectare, en raison d'une moindre surface en cultures annuelles. • Effet positif ou négatif de l'arbre sur la disponibilité en eau pour les cultures selon le climat, la réserve utile du sol et les associations végétales. Peu de contraintes si la réserve utile est suffisante et l'enracinement des arbres profond. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la réserve en eau de la parcelle grâce à une plus grande fissuration en profondeur. • Diminution de l'évaporation l'été par l'ombrage. • Augmentation de la rétention par le sol (effet paillage). • Amélioration de la qualité de l'eau car joue le rôle d'une phytoépuration (fertilisants, biocides...).
<p>Pression phytosanitaire: Un potentiel pour la lutte biologique à mieux maîtriser.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La présence d'arbres et de haies est favorable à de nombreux organismes, auxiliaires des cultures comme bioagresseurs et adventices. • L'hétérogénéité des parcelles agroforestières et des milieux bocagers limite les transferts de bioagresseurs à l'échelle du paysage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suppression des insecticides • Compétition sur les cryptogames • Diminution des herbicides.
<p>Biodiversité: Plus de niches écologiques et des corridors.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La présence d'arbres et de haies accroît la diversité et la complexité des niches écologiques, dans le temps et l'espace. Cela permet le développement d'une diversité florale et faunistique. • Les haies constituent des corridors écologiques pour la faune sauvage à l'échelle du paysage. • Impact paysager des arbres et de haies attractif dans des environnements périurbains. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la biodiversité générale • Augmentation de la diversité des auxiliaires • Augmentation de la diversité des fleurs et des dates de floraison.
<p>Air: Les arbres obstacles aux transferts vers l'atmosphère des gaz, poussières et molécules volatiles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Par leur rôle de brise-vent, les arbres limitent les pertes dans l'air des traitements pulvérisés. Ce sont aussi des capteurs de poussières et de gaz, comme l'ammoniac. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection de la vigne vis-à-vis des alentours et réciproquement.

Questions / Réponses

Quels sont les principaux mécanismes qui expliquent l'intérêt porté à l'agroforesterie et aux haies dans l'atténuation du changement climatique ?

Les systèmes agroforestiers et l'implantation de haies permettent d'augmenter la quantité de carbone stocké à l'hectare. Le stockage a lieu :

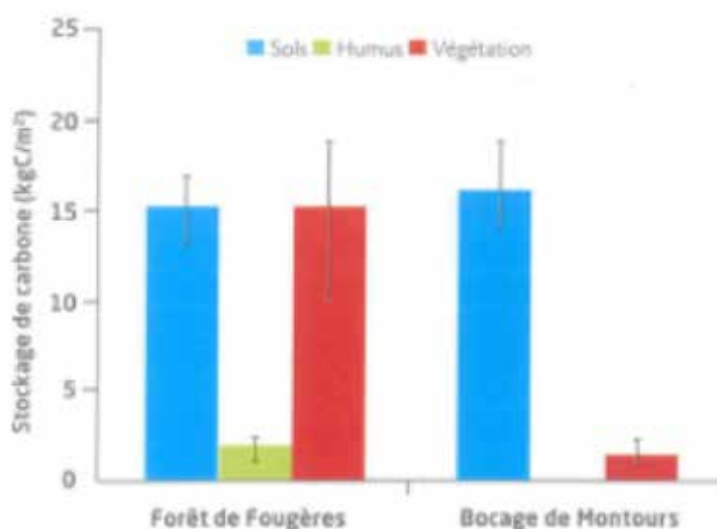
- dans la biomasse végétale pérenne (aérienne et souterraine). Par exemple, une parcelle agroforestière peut produire jusqu'à 60 % de biomasse de plus qu'en cultures annuelles et la productivité de l'arbre peut être 2 à 3 fois supérieure à celle en ambiance forestière ;
- dans le sol, suite à la restitution de la matière organique par les retombées de feuilles et par les racines. Les résidus de la taille et l'élagage peuvent être broyés et épandus sur l'ensemble de la parcelle.

Le potentiel de séquestration de carbone par l'agroforesterie et les haies est très variable selon la situation pédoclimatique, l'historique de la parcelle, les essences choisies et le mode de gestion.

Pour les haies, Pellerin et al. (2013) proposent des valeurs moyennes de 0,15 [0,04 - 0,25] tC/ha/an pour 60 mètres linéaires en cultures et de 0,25 [0,07 - 0,4] tC/ha/an pour 100 mètres linéaires en prairies, toutes deux cohérentes avec une coupe tous les 15 ans et une valorisation en bois de chauffage.

En agroforesterie, Pellerin et al. (2013) ont retenu au niveau national un potentiel de stockage entre

STOCKAGE DU CARBONE ET TYPE DE BOISEMENT



Comparaison des stocks de carbone (médiane, quartiles) dans les compartiments sol/humus/végétation de la forêt de Fougères et du bocage de Montours, en Ille-et-Vilaine (Walter et al., 2005). Le sol est le principal stock de C en bocage et est équivalent à celui en forêt.

0, 1 et 1,35 tC/ha/an et une valeur moyenne de 1 tC/ha/an pour des densités de 30 à 50 arbres par hectare. Malgré ces incertitudes, l'agroforesterie est la pratique applicable sur terres cultivées (hors prairie) qui permet d'obtenir le stockage de C à l'hectare le plus important.

Au stockage à la parcelle, s'ajoute le devenir du bois récolté qui peut permettre :

- de pérenniser le stockage de C dans le bois d'œuvre ou dans l'ameublement ;

- de substituer des énergies fossiles par une valorisation des résidus de taille en bois de chauffage, en particulier pour les haies. Néanmoins, pour être complet, le bilan C d'un développement à large échelle de l'agroforesterie sur le territoire français doit aussi intégrer l'éventuelle extension des cultures sur d'autres surfaces riches en carbone (prairies, forêts) qui pourrait être induite par la baisse, même modérée, de la production alimentaire par hectare.

L'arbre et les haies, une composante essentielle de la biodiversité ?

Les arbres et les haies jouent un rôle clé dans les paysages agricoles en tant qu'habitat, corridor pour les mouvements, et/ou refuge saisonnier pour de nombreuses espèces. Ils fournissent ainsi de la nourriture et accroissent la diversité et la complexité des niches écologiques, dans le temps et l'espace.

L'échelle de réponse des organismes varie en fonction de leur mobilité, la taille de leur domaine vital, leur capacité de dispersion. D'un point de vue fonctionnel, l'hétérogénéité du paysage favorise les insectes

auxiliaires et limite les insectes ravageurs. Les effets de la structure du paysage sont plus prononcés sur les arthropodes épigés et les vertébrés que sur les plantes, la faune du sol et les micro-organismes.

Le rôle des éléments de paysage a été peu étudié pour la faune du sol, mais il semblerait qu'ils soient des refuges pour certaines espèces comme les collemboles ou les vers de terre (Le Roux et al., 2008). Les arbres favorisent aussi la présence d'un stock de mycorhizes, pouvant faciliter l'ensemencement des

cultures. L'association de lignes d'arbres et de haies aux cultures peut s'intégrer dans la mise en œuvre de stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs, en s'appuyant sur la présence d'auxiliaires. Cette approche de protection des cultures, qui présente un fort potentiel pour réduire l'usage des produits phytosanitaires, est un champ de recherche appliquée récent. Elle nécessite encore la production des références techniques stabilisées et adaptées aux différentes situations et cultures.

Autres intérêts de l'agroforesterie en viticulture

L'effet parasol

Le réchauffement climatique augmente généralement la teneur en sucres des raisins. Il y a un risque d'évolution des typicités des vins de chaque région ainsi que d'un renforcement du taux d'alcool. L'agroforesterie permet d'atténuer l'ensoleillement excessif...

La production de fruits

Dans la plupart des dispositifs historiques associant des arbres

à la vigne, les essences plantées étaient des fruitiers. Les pêchers, brugnioniers, amandiers, oliviers, cerisiers, poiriers, figuiers, pommiers, pruniers et noyers constituaient les principales espèces. Les variétés étaient le plus souvent locales. La taille des arbres était bien compatible avec la culture de la vigne. L'arbre a aussi servi de support au développement de la vigne comme les "Hautains" en utilisant les essences locales

comme le chêne, l'orme, le charme, l'érable...

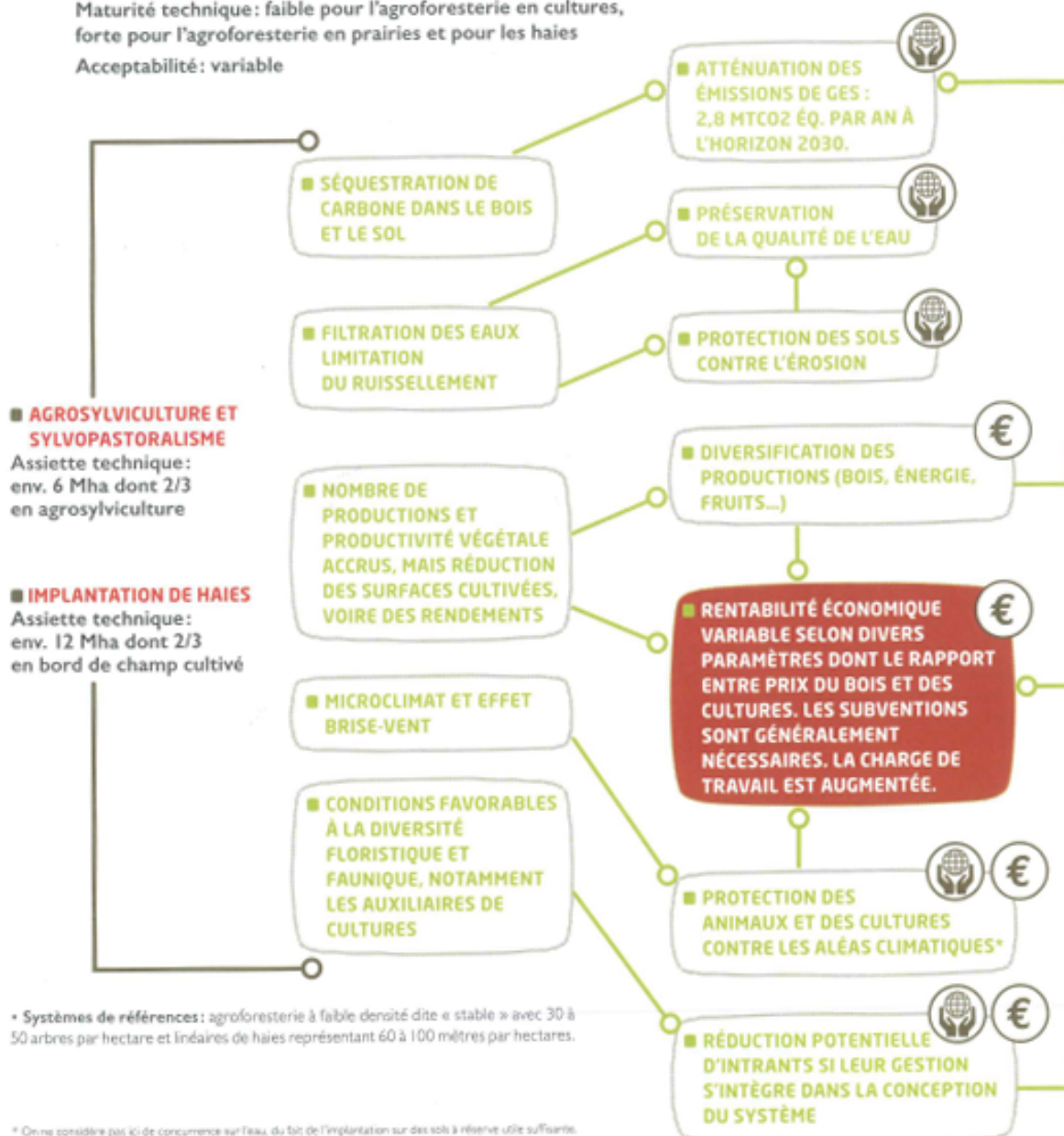
L'image associée à la production

L'agroforesterie permet de matérialiser très fortement dans le paysage une conduite plus agro-écologique de la vigne. Cette notion pas toujours évidente à expliquer peut trouver au travers des plantations d'arbres un support de communication.

■ POUR MÉMOIRE

Principaux effets de l'introduction d'arbres dans ou autour des parcelles

Maturité technique: faible pour l'agroforesterie en cultures, forte pour l'agroforesterie en prairies et pour les haies
Acceptabilité: variable



Légendes: Qualité des sols Biodiversité Stockage de C Atténuation des émissions de GES Économie et substitution d'énergie fossile Qualité de l'air Qualité de l'eau

Légendes: Impacts environnementaux Impacts économiques Point de vigilance

Techniloire la Web Application pour vous !



Téléchargez, dès à présent, l'application sur l'**App Store** ou sur **Google Play**.

Retrouvez les principaux outils techniques, les derniers événements, les brèves et l'agenda de techniloire.com, le site de la technique viti-vinicole du Val de Loire.

Restez informé, restez connecté !

Téléchargez l'application



Grâce à e-terroir visualisez sur fonds cartographiques et de manière interactive les caractéristiques des terroirs sur 148 communes du vignoble ligérien.

e-terroir

1/ sélectionnez votre vignoble

2/ sélectionnez votre commune

3/ sélectionnez l'une des 13 cartes thématiques

4/ Cliquez sur la parcelle ou la zone de votre choix

The screenshot shows the e-terroir application interface. At the top, there's a navigation bar with 'Vignobles', 'Communes', and 'Cartes thématiques'. The main area is split into three panels. The left panel displays the 'RISQUE DE CHLOROSE FERRIQUE' (Iron Chlorosis Risk) with a detailed text notice explaining the physiological disease and its relation to soil calcium and iron. The middle panel shows the selected commune 'ANCHE' and a 'Risque de chlorose ferrique' (Iron Chlorosis Risk) of 'Très fort' (Very high). It also lists 'Unité de Terroir' (Terroir Unit) details: 'Ere : Secondaire', 'Période : Craie', 'Étage : Tertiaire moyen', 'Milieu viticole : Roche de craie blanche', 'Unité de Terroir : Craie sableuse marécage et peu gypseuse', 'Référence pédologique : RENOSOL à CALCOSOL', and 'Décomposition locale : Tuf blanc'. The right panel shows an aerial map with a pink highlighted parcel. A 'Satellite' button is visible in the top right corner of the map area.

5/ Et découvrez toutes les données terroirs associées à votre sélection ainsi que la notice des termes utilisés

Cette application vous accompagnera dans les choix techniques en vue d'optimiser le mode de conduite des vignes et de valoriser le potentiel viticole d'un terroir. Au niveau collectif, **e-terroir** vous permettra également de promouvoir les vignobles cartographiés.

Les données sont issues de cartographies géo-pédologiques et paysagères levées sur le terrain à une échelle comprise entre le 1/10 000^e et le 1/5 000^e, l'information terroir est donc utilisable au niveau de la parcelle. L'acquisition des données terroirs utilisées dans cette application a été faite selon la méthode INRA reconnue et publiée au niveau international.

VINS DU
VAL DE LOIRE

TOUS LES VINS SONT DANS SA NATURE



Cette application de cartographie des terroirs viticoles a été créée par Interloire (Interprofession des vins de Loire) et la Cellule des Terroirs Viticoles (association entre l'IFV et Interloire). Elle a été réalisée par Vinogéo.



InterLoire - Service Technique

62 rue Blaise Pascal - CS 61921 - 37019 Tours Cedex 1
Tél. 02 47 60 55 42 - c.mandroux@vinsvaldeloire.fr