



NATHALIE OLLAT ET JEAN-MARC TOUZARD

# VIGNE, VIN ET CHANGEMENT CLIMATIQUE



éditions  
Quæ



Nathalie Ollat  
et Jean-Marc Touzard,  
coordinateurs

VIGNE, VIN  
ET CHANGEMENT  
CLIMATIQUE

Éditions Quæ

## Ouvrages sur la viticulture aux éditions Quæ

*De l'œnologie à la viticulture* (hors collection, 3<sup>e</sup> édition augmentée)  
A. Carbonneau, J.-L. Escudier (auteurs), P. Mauguin (préfateur), 2024, 336 p.

*Les couleurs du vin. Une palette exquise* (hors collection)  
B. Valeur (auteur), 2023, 112 p.

*Pesticides en viticulture. Usages, impacts et transition agroécologique*  
(collection Savoir-faire)  
F. Macary (coord.), S. Le Foll (préfateur), 2023, 232 p.

*Le vin. 60 clés pour comprendre l'œnologie* (collection Clés pour comprendre)  
F. Remize, V. Cheynier (auteurs), 2023, 152 p.

*La vigne, miracle de la nature ? 70 clés pour comprendre la viticulture*  
F. Pelsy, D. Merdinoglu (auteurs), 2021, 176 p.

### Pour citer cet ouvrage

Ollat N., Touzard J.-M., coord., 2024. *Vigne, vin et changement climatique*, éditions Quæ, Versailles, 284 p.

Cet ouvrage a bénéficié du soutien financier de INRAE (métaprogramme CLIMAE, départements ACT, AgroEcoSystem et Transform, BAP, UMR EGFV et Innovation, référence 00000285-MP-P10183).

Ses versions numériques sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>).

Éditions Quæ  
RD 10  
78026 Versailles Cedex  
[www.quae.com](http://www.quae.com) / [www.quae-open.com](http://www.quae-open.com)

© Éditions Quæ, 2024  
ISBN (papier) : 978-2-7592-3796-8  
ISBN (PDF) : 978-2-7592-3797-5  
ISBN (ePub) : 978-2-7592-3798-2

# Sommaire

Remerciements	7
Préface	9
Introduction générale	13
Des évolutions climatiques inquiétantes	14
Le projet Laccave : une approche systémique et participative de l'adaptation	17
Les productions majeures du projet Laccave	21
Conclusion	23

## PARTIE 1

### De l'évaluation des impacts à l'étude des leviers d'adaptation

#### CHAPITRE 1

<b>Des indicateurs et des modèles pour étudier les impacts du changement climatique sur la vigne</b>	<b>25</b>
Introduction	25
Cadre historique du développement des modèles et indicateurs appliqués à l'étude de l'effet du climat	26
Travaux récents sur le développement d'indicateurs climatiques en viticulture	29
Travaux récents sur la modélisation de la vigne appliquée aux études du climat	34
Limites et perspectives	35

#### CHAPITRE 2

<b>Les sols viticoles face au changement climatique</b>	<b>38</b>
Introduction	38
Les spécificités des sols viticoles	40
Les fonctions et services associés aux sols viticoles	43
De la cartographie des terroirs à celle des fonctionnements	46
Conclusion	47

#### CHAPITRE 3

<b>Effets de l'élévation des températures et du déficit hydrique sur la vigne</b>	<b>48</b>
Introduction	48
Les effets marquants de l'augmentation de la température sur le comportement de la vigne	48
Les effets de l'augmentation de la contrainte hydrique	56
Les effets du changement climatique sur les bioagresseurs de la vigne	62
Conclusion	66

#### CHAPITRE 4

<b>Les impacts sur la qualité du vin</b>	<b>67</b>
Introduction	67
L'impact du changement climatique sur l'arôme des vins	68

L'impact du changement climatique sur la composante phénolique des vins	73
Conclusion	75

## CHAPITRE 5

<b>Idéotypes de vigne pour l'adaptation au changement climatique</b>	<b>76</b>
Introduction	76
Quelle variabilité génétique pour l'adaptation ?	77
Conclusion	83

## CHAPITRE 6

<b>Modes de conduite et gestion des sols</b>	<b>86</b>
Enjeux de la gestion du sol face au changement climatique	86
L'entretien du sol	89
Enjeux du mode de conduite pour l'adaptation au changement climatique	98
Les principaux systèmes de conduite de la vigne	102
Conclusion	104

## CHAPITRE 7

<b>La gestion de l'eau</b>	<b>106</b>
Introduction	106
Le matériel végétal	107
La préparation et l'entretien du sol	109
Les systèmes de conduite	111
L'irrigation de la vigne, entre principes et réalité	112
Intégrer la viticulture à l'espace de gestion de la ressource en eau	115
Conclusion	117

## CHAPITRE 8

<b>Les solutions œnologiques : adapter la vinification</b>	<b>121</b>
Introduction	121
Aménager les modalités de récolte	121
Optimiser la vinification	125
Ajuster les modalités d'élevage et les conditions de mise en bouteille des vins	129
Conclusion	130

## CHAPITRE 9

<b>La variabilité climatique à l'échelle du territoire comme levier d'adaptation</b>	<b>132</b>
Introduction	132
Évaluer la variabilité climatique d'un territoire dans le contexte du changement climatique	133
Construire les projections du climat futur à l'échelle d'un territoire	137
Évaluer l'impact du changement climatique local en intégrant les pratiques viticoles	140
Vers une redistribution spatiale des espaces vitivinicoles ?	141
Conclusion	143

## PARTIE 2

### Coconstruire des stratégies pour l'adaptation

#### CHAPITRE 1

<b>Perception du changement climatique et adaptation des viticulteurs</b>	<b>146</b>
Introduction	146
Perception à l'échelle internationale du changement climatique et de ses impacts sur la viticulture	146
Stratégies d'adaptation à différentes échelles temporelles et spatiales	151
L'innovation au cœur de l'adaptation des viticulteurs au changement climatique	155
Conclusion	158

#### CHAPITRE 2

<b>Le marché est-il preneur de vins marqués par le réchauffement climatique ?</b>	<b>160</b>
Introduction	160
Une étude expérimentale pour mesurer les préférences des consommateurs	161
Résultats de l'expérimentation pour les deux groupes de consommateurs	164
Les enseignements de l'expérimentation	165
Conclusion	168

#### CHAPITRE 3

<b>Construire des « écosystèmes d'adaptation » pour accompagner la viticulture française</b>	<b>169</b>
Introduction	169
L'enjeu climatique dans l'analyse des systèmes d'innovation de la vigne et du vin	170
Une méthode mixte pour étudier les systèmes d'innovation régionaux des vignobles français	172
Les résultats des trois études sur les systèmes régionaux d'innovation et l'adaptation des vignobles	174
Conclusion	177

#### CHAPITRE 4

<b>La construction des connaissances pour la formation</b>	<b>180</b>
Introduction	180
La mise en place d'une formation à destination des enseignants des lycées viticoles	181
Un outil de cartographie interactive pour l'étude des terroirs dans le contexte du changement climatique	183
Une prospective agroclimatique réalisée par des élèves ingénieurs pour un territoire viticole	186
Vitigame, un jeu sérieux pour sensibiliser aux leviers de réduction des impacts environnementaux	191
Conclusion	193

---

**CHAPITRE 5**

<b>Faire émerger l'action climatique à l'échelle locale : l'exemple des climathons viticoles</b>	<b>195</b>
Introduction	195
Renouveler les démarches participatives à l'échelle locale : enjeu pour l'action climatique dans les vignobles	197
Développement d'une méthode « climathon » pour des communes agricoles	202
Résultats des climathons viticoles	207
Conclusion	213

---

**CHAPITRE 6**

<b>Les modèles au service d'une démarche participative de construction de stratégies d'adaptation locales</b>	<b>217</b>
Introduction	217
Les modèles mécanistes : incontournables mais insuffisants pour penser l'adaptation au changement climatique	217
La mobilisation de modèles au service de la réflexion des acteurs d'un vignoble méditerranéen	221
Opportunités et limites des modèles pour la construction participative de stratégies d'adaptation	227
Conclusion et perspectives	229

---

**CHAPITRE 7**

<b>Prospective participative et stratégie nationale</b>	<b>231</b>
Introduction	231
Outiller une démarche « interdisciplinaire » en utilisant les principes de la prospective	232
Des forums en région pour mettre en débat la prospective et susciter des propositions d'action	236
De la coconstruction d'une stratégie nationale à l'action dans les régions viticoles	239
Conclusion	241
<b>Conclusion générale</b>	<b>243</b>
La coconstruction de messages clés pour les acteurs de la filière	243
Vers une cogestion adaptative des vignobles, à plusieurs échelles	245
L'expérience d'une recherche transdisciplinaire, transformative et médiatique	246
<b>Bibliographie</b>	<b>249</b>
<b>Liste des auteurs</b>	<b>279</b>

# Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement l'ensemble des structures qui ont contribué au financement de cet ouvrage : le métaprogramme INRAE-Climae/Accaf, les départements INRAE Biologie et amélioration des plantes, AgroEcoSystem, Transform, Act, ainsi que les unités mixtes de recherche Innovation et Écophysiologie et génomique fonctionnelle de la vigne.

Nous remercions également les scientifiques qui ont accepté d'en relire les différents chapitres et nous ont aidés à en améliorer la rédaction : Sylvain Bigot, Pierluigi Calanca, Marianne Cerf, Isabelle Cousin, Jean-Louis Drouet, Jean-Louis Durand, Lisette Ibanez, Marie-Hélène Jeuffroy, Pierre Labarthe, Pierre-Éric Lauri, Chantal Maury, José Queiro-Garcia, Natalia Quijada-Morin, Joël Rochard, Corinne Tanguy et Vivian Zufferey.





# Préface

Le changement climatique est une réalité à laquelle l'humanité doit répondre de toute urgence dans de nombreux secteurs. Cependant, les initiatives politiques actuelles à l'échelle mondiale ne suffisent pas à provoquer un changement significatif visant à protéger le climat et à soutenir la durabilité. En tant qu'individus, nous ne disposons que d'options limitées (mais nous pouvons tout de même apporter notre contribution). Dans un contexte plus large, des changements infrastructurels, organisationnels et juridiques sont nécessaires pour évoluer vers un mode de vie à faibles émissions de carbone et éviter un réchauffement continu de la planète. En effet, de nombreuses initiatives visant à réduire les émissions de carbone sont vouées à l'échec ou ne permettront pas d'atteindre les objectifs fixés tant que la politique à l'échelle de la planète subventionne l'utilisation des énergies fossiles à hauteur d'environ 1 000 milliards de dollars américains par an ! Les questions de l'utilisation des énergies renouvelables, de la construction de bâtiments durables ou de la conservation de l'eau et de l'accès à celle-ci concernent l'ensemble de la population mondiale. Il devient de plus en plus clair que les humains sont extrêmement dépendants de la nature et des conditions météorologiques (et du climat à plus long terme).

Parmi tous les secteurs qui doivent mettre en œuvre des changements, l'agriculture est l'un des plus importants, car elle constitue la base de la production alimentaire. Le climat est un facteur décisif dans les productions agricoles, depuis l'adéquation géographique jusqu'aux effets sur le rendement et la qualité. Tout au long de l'histoire de l'humanité, ces liens forts ont déterminé le développement culturel et économique des régions, créé des identités locales et influencé les migrations et les lieux de sédentarisation. Dans le domaine de l'agriculture, ces liens trouvent leurs expressions les plus intenses dans la production de raisin et de vin. La vigne est cultivée depuis plusieurs milliers d'années et, au cours de cette longue histoire, des régions viticoles spécifiques sont apparues, dont les conditions climatiques ont joué un rôle décisif dans l'élaboration des caractéristiques spécifiques du vin issu de certains cépages. Au fil du temps, les paramètres climatiques (tels que la température) ont été utilisés pour délimiter ces régions viticoles et pour développer des cadres juridiques qui sont encore valides pour leur définition actuelle dans l'ensemble de l'Union européenne par exemple. L'« expérience européenne » a été utilisée comme modèle, dans la mesure où les indices climatiques de différentes régions viticoles d'Europe ont été appliqués aux régions du « Nouveau Monde » pour déterminer l'adéquation générale et le choix des cultivars.

Dans le contexte du changement climatique, l'agriculture et la viticulture contribuent également aux émissions de gaz à effet de serre et à la pollution de l'environnement. Mais il existe un potentiel d'atténuation de ces émissions, car les sols peuvent présenter d'importantes capacités de stockage de carbone. Dans le même temps, il

est important de reconnaître que la filière Vigne et vin doit réduire son empreinte environnementale bien au-delà de ses simples pratiques de culture, notamment à travers les processus de transformation de la matière première, l'emballage, la logistique et bien d'autres domaines.

Au sein de l'ensemble du secteur vitivinicole mondial, la filière Vigne et vin française est unique de par sa valeur économique, son impact social, ses réglementations strictes, la diversité des conditions mésoclimatiques (régionales), son idée de production basée sur le terroir, ses spécifications régionales en matière d'utilisation variétale, de méthodes culturelles et de types de produits conférant des identités régionales et locales avec une longue histoire. Préserver ce système dans un climat changeant et des conditions environnementales, sociales et économiques en évolution rapide constitue un défi énorme. Contrairement aux crises gérées précédemment, telles que celles de l'introduction du phylloxéra ou des maladies fongiques (oïdium et mildiou), où les agents responsables pouvaient être identifiés et combattus relativement rapidement, le changement climatique mondial se produit relativement lentement (à une échelle de plusieurs décennies). Il n'est pas immédiatement évident pour beaucoup (malgré ses signes d'accélération) et développera l'essentiel de son impact dans un avenir qui peut apparaître encore « lointain et incertain ». Il est donc d'autant plus important de convaincre l'ensemble du secteur, y compris toutes les parties prenantes et les consommateurs, qu'une réaction immédiate est nécessaire. Or, réagir dès aujourd'hui est plus urgent que pour les autres filières agricoles en raison de la longévité des plantations, qui fait que les vignes plantées aujourd'hui déterminent les vins qui seront produits en 2050-2070 et peut-être au-delà.

L'adaptation au changement climatique dans cette filière doit prendre en compte une diversité de conditions régionales, sociales et économiques. Elle présente aussi un large éventail de facettes techniques, institutionnelles et réglementaires (donc politiques) qui doivent être abordées pour élaborer une stratégie nationale, incluant toutes les parties prenantes et même, dans une certaine mesure, le grand public (comme les habitants des zones viticoles).

L'ouvrage *Vigne, vin et changement climatique* présente les résultats des travaux de Laccave (et même bien au-delà de ce projet), une compilation aussi unique que le système viticole français ! Au gré des chapitres se succèdent ainsi des analyses climatiques, la présentation d'outils de caractérisation des conditions environnementales et régionales, l'étude des déterminants génétiques, physiologiques et culturels de l'adaptation, l'identification des menaces sanitaires, l'analyse des réponses œnologiques, de celles des attentes des consommateurs ou de la perception des acteurs sur les conséquences socioéconomiques régionales, l'expérimentation de nouvelles démarches ou formations et, enfin, la formulation de mesures d'adaptation à différentes échelles de la filière Vigne et vin.

Cet ensemble de contributions complémentaires autour d'un vaste sujet est particulier, car il inclut un transfert bidirectionnel de connaissances de la science vers les acteurs de la filière et inversement, ce qui est très important pour garantir l'acceptation des résultats. Laccave est une « recherche pilote » originale et très complète. Il peut, à bien des égards, devenir un modèle pour les régions productrices de raisin et de vin dans le monde entier grâce à la diversité des méthodes et des outils utilisés, depuis les modèles climatiques et physiologiques (sciences naturelles) jusqu'aux modèles comportementaux,

aux approches participatives de type « climathons » (sciences sociales) et aux approches pédagogiques. C'est un exemple de la manière dont la science dans toutes ses dimensions peut agir avec les acteurs publics (aux échelles locale, régionale, nationale), les viticulteurs et la population locale pour élaborer un plan cohérent pour l'avenir. Et, bien entendu, le processus n'est pas encore terminé.

La transformation du système viticole pour renforcer la résilience de toute une filière face aux conditions climatiques futures est une tâche qui peut jouer sur les perceptions positives ou anxieuses du futur, et sur l'innovation : « les espaces viticoles devront-ils sortir de leurs frontières actuelles (devenir nomades)? », « faut-il changer quelque chose (ou avoir une attitude conservatrice)? », « l'innovation sera-t-elle centrale? » ou « faut-il libérer complètement le système (ce qui équivaldrait à détruire l'actuel système de régulation français)? ». Laccave a ainsi réussi à susciter l'élaboration d'une stratégie commune pour la filière à travers une démarche « démocratique ».

Le but n'est pas de s'adapter et de survivre pendant un certain temps avec un produit traditionnel vendu un certain prix. L'objectif est de montrer quels sont les moyens pour survivre à long terme, en incluant des solutions telles que l'agroécologie, la conservation des sols, la plantation de variétés tolérantes aux maladies, la gestion innovante de l'eau et de l'énergie, etc., et — le plus important — de s'impliquer directement dans la mise en œuvre de ces solutions et stratégies, à travers des actions pédagogiques et des démarches participatives. Parce que si nous ne parvenons pas à implanter le besoin de changement et les outils nécessaires pour y parvenir dans la tête des prochaines générations, nous ne parviendrons pas à gérer les crises climatiques.

Hans Reiner Schultz,  
Président de l'université de Geisenheim (Allemagne)



# Introduction générale

Nathalie Ollat et Jean-Marc Touzard

Le changement climatique est une réalité qui nous concerne tous et bouleverse les conditions de vie sur Terre. Rapport du Giec<sup>1</sup> après rapport du Giec — nous en sommes au sixième —, le constat devient de plus en plus alarmant et la nécessité d’agir une urgence absolue (IPCC, 2023). L’agriculture est aux premières loges, car ce secteur est à la fois très émetteur de gaz à effet de serre et très impacté du fait de ses dépendances au climat. Pour la filière Vigne et vin française, ces liens au climat sont primordiaux. Ils sont historiquement inscrits dans la notion de terroir et jouent un rôle important dans la localisation des vignobles, les choix des cépages et des pratiques, la définition des qualités des vins et l’organisation de leurs marchés (Dion, 1990). Le changement climatique vient donc bouleverser des équilibres construits au fil du temps, aux fondements d’une activité qui a une place si particulière dans l’économie et la société française (Ollat et al., 2020, 2021). Le défi est majeur pour l’ensemble des acteurs de cette filière, depuis les viticulteurs jusqu’aux consommateurs de vin, en passant par les chercheurs qui produisent des connaissances sur ses différentes composantes.

En France, l’épisode caniculaire de 2003 a amorcé une prise de conscience des enjeux du changement climatique, conduisant des chercheurs à engager des travaux sur le sujet dès 2004 (Ollat et al., 2020) et des acteurs de la filière Vigne et vin à soutenir cet effort de recherche ou à se mobiliser pour évaluer leur impact carbone. Parallèlement, les débats scientifiques et politiques plus globaux, notamment dans le cadre de conférences internationales telles que les COP (Conférences des parties), ont vite établi que les mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre ne suffiraient pas à endiguer le changement climatique et que l’adaptation devenait un enjeu majeur pour l’agriculture et l’alimentation (Soussana, 2013). C’est ainsi qu’en 2011 l’Institut national de la recherche agronomique (aujourd’hui INRAE) a mis en place un cadre de travail pluridisciplinaire appelé « Métaprogramme Accaf<sup>2</sup> » pour soutenir des projets sur l’adaptation au changement climatique de l’agriculture et de la forêt (Caquet, 2017). Des scientifiques travaillant sur la vigne et le vin, dont certains étaient déjà impliqués dans des projets sur le changement climatique, ont alors saisi cette opportunité pour proposer un projet intitulé *Laccave : Long term impacts and Adaptation to Climate ChAnge for Viticulture and Enology*. L’enjeu était avant tout de fédérer les travaux de recherche conduits en France sur le sujet et de rendre les résultats plus facilement disponibles aux acteurs de la filière (Ollat et Touzard, 2014). Après 10 ans d’activité (et deux rapports du Giec), le présent

---

1. Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat.

2. Adaptation au changement climatique des agrosystèmes et de la forêt.

ouvrage a comme objectif de faire le bilan des travaux réalisés, de proposer un état des connaissances sur le sujet et de rendre compte des approches ayant facilité la mobilisation des acteurs professionnels. Il veut être accessible à une large communauté de lecteurs, selon l'esprit participatif qui a animé Laccave depuis ses débuts. Il est structuré en deux grandes parties. La première rassemble neuf chapitres décrivant les impacts du changement climatique sur le fonctionnement de la vigne, les sols et la qualité des vins, puis les leviers techniques et géographiques d'adaptation : l'élaboration et le choix de nouvelles variétés, les modes de conduite, la gestion de l'eau, les solutions œnologiques, l'utilisation de la variabilité climatique d'un territoire pour réorganiser les plantations. La seconde partie est constituée de sept chapitres qui abordent la manière dont les acteurs de la filière construisent, avec les chercheurs, des connaissances et des stratégies, en combinant les différents leviers possibles : la perception des impacts par les viticulteurs et les consommateurs, le rôle des organisations professionnelles et de la recherche, de la formation, et les démarches participatives qui sont mobilisées pour faire émerger des solutions à l'échelle locale, concevoir de nouveaux systèmes viticoles, ou construire une stratégie nationale d'adaptation. Les deux parties offrent donc une grande diversité de contributions scientifiques, avec une attention particulière portée aux méthodes mobilisées. Chaque chapitre est enrichi d'encadrés décrivant plus en détail une expérimentation, un dispositif, un résultat ou un exemple d'action.

## Des évolutions climatiques inquiétantes

Depuis le début du xx<sup>e</sup> siècle, la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> a augmenté de 40 % (419 ppm en 2023) et près de la moitié de cette augmentation concerne les 30 dernières années. Le réchauffement de l'air qui en découle est, en France, de près de +1,8°C en moyenne annuelle et il s'est accéléré depuis les années 1980, toutes les années depuis 1990 étant plus chaudes que la moyenne depuis 1900, et les années les plus chaudes étant 2014, 2018, 2020, 2022, 2023 (Météo-France, 2024, fig. Intro-1A). Cela induit également une augmentation de la température des sols jusqu'à 50 cm de profondeur (Schultz, 2022). Les précipitations annuelles ont par contre peu évolué, avec une légère tendance à l'augmentation dans le nord et à la baisse dans le sud, et des diminutions plus marquées selon les saisons et les régions. En zone méditerranéenne, le nombre de cycles où les précipitations hivernales (période de recharge des sols) sont inférieures à 200 mm a augmenté sur la période 1990-2021 (tableau Intro-1). Par ailleurs, un accroissement de l'évaporation potentielle du fait de l'augmentation des températures a été mis en évidence dans des vignobles situés à différentes latitudes en Europe (d'Avignon à Geisenheim en Allemagne), même si ce n'est pas de manière systématique (Schultz, 2017).

Par rapport à la période 1976-2005, le réchauffement devrait se poursuivre sans écart majeur entre les différents scénarios possibles d'émission d'ici 2050 (+1°C à 1,5°C). Il pourrait atteindre dans le sud-est de la France plus de 5°C à la fin du xxi<sup>e</sup> siècle pour le scénario le plus pessimiste, avec une hausse spectaculaire du nombre de jours de canicule (Soubeyrou *et al.*, 2021; fig. Intro-1B et fig. Intro-2). L'évolution des précipitations reste caractérisée par une très forte incertitude (Zito, 2021; Ollat *et al.*, 2021). Une augmentation de la durée des épisodes de sécheresse météorologiques n'en est pas moins attendue dans les années à venir, notamment dans le sud et l'ouest de la France (Soubeyrou *et al.*, 2021). À l'échelle européenne, certaines simulations font état

Tableau Intro-1. Valeurs médianes de précipitations hivernales (octobre à mars) sur la période historique dans des sites viticoles français et différences entre la période avant 1990 et les trente dernières années. D'après N. Saurin, données AgroClim-INRAE.

	Début de la série	Médiane [...-1989] Recharge (mm)	Médiane [1990-2021] Recharge (mm)	Différence entre [1990-2021] - [...-1989] Recharge
Marseillan-Plage	1956	349,4	292,5	- 56,9
Gruissan	1962	403,6	319,9	- 83,8
Colmar	1973	213,2	233,3	20,1
Mauguio	1956	415,2	320,0	- 95,2
Montreuil-Bellay	1977	334,8	308,5	- 26,3
Fagnières	1971	312,3	295,1	- 17,2
Avignon	1968	362,2	354,0	- 8,2
Villenave-d'Ornon	1961	518,7	504,8	- 14,0

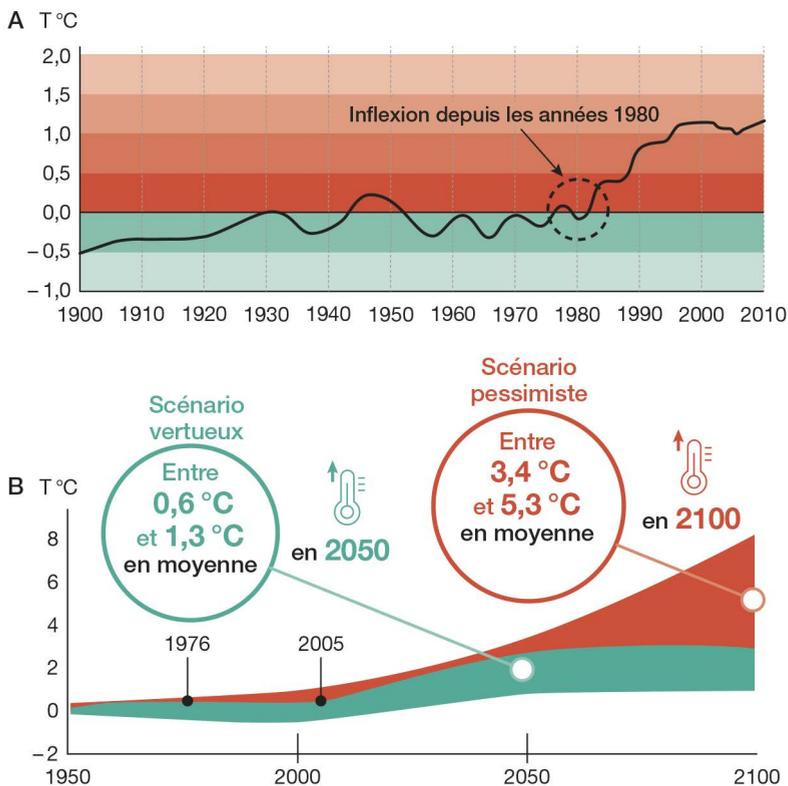
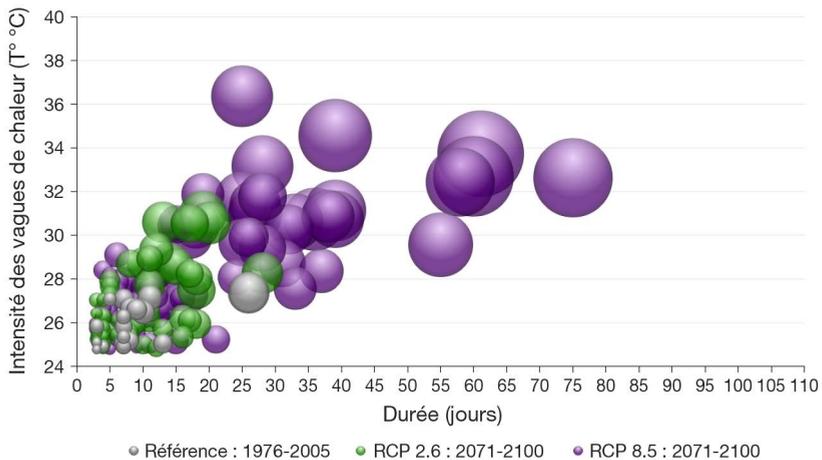


Figure Intro-1. Température moyenne de l'air en France depuis 1900 (A) et simulée pour le XXI<sup>e</sup> siècle (B). On constate que cette température a augmenté de presque 1,8 °C depuis un siècle et qu'elle continuera à augmenter selon un rythme variable en fonction des scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Les augmentations sont exprimées par rapport à la période de référence (1976-2005).

d'une augmentation de 10 à 30% de l'évapotranspiration réelle dès 2050, avec un bilan hydrique (pluie moins évapotranspiration potentielle [ETP]) qui pourrait être réduit de 120mm dans les régions méridionales (Cardell *et al.*, 2019). Ces projections sont confirmées par les travaux de Zito *et al.* (2023), qui constituent les plus récentes simulations d'indicateurs climatiques et bioclimatiques pour 21 régions viticoles françaises à la maille de 8 × 8km. Chaque augmentation de température accroît également la fréquence et l'intensité des événements extrêmes tels que les tempêtes et vagues de chaleur, avec des effets sur les risques d'incendie, la destruction d'infrastructures et d'écosystèmes, et des conséquences sur la santé humaine (IPCC, 2023). Ces dernières années illustrent parfaitement la gravité de la situation, que ce soit en France ou à l'international.



**Figure Intro-2. Caractéristiques observées (période 1947-2018) et simulées (jusqu'en 2100) des vagues de chaleur annuelles pour différents scénarios et différents horizons. Source : Météo-France.**

Déjà perceptibles depuis les années 1980, les conséquences attendues sur la vigne et le vin préoccupent fortement les acteurs de la filière : avancées des vendanges jusqu'à 20 à 30 jours d'ici la fin du *xxi*<sup>e</sup> siècle (Zito *et al.*, 2023); accroissements possibles des risques de gel de printemps (Sgubin *et al.*, 2018; Bois *et al.*, 2023); augmentations de température pendant la période de maturation des raisins affectant leur potentiel œnologique (Madelin *et al.*, 2010; Van Leeuwen et Destrac-Irvine, 2017; Van Leeuwen *et al.*, 2022); modifications des risques liés aux maladies et ravageurs, même s'ils restent difficiles à prédire (Caubel *et al.*, 2014; Bois *et al.*, 2017; Zito, 2021); situations de sécheresse plus fréquentes et plus intenses avec des conséquences sur le rendement (Lebon et García de Cortázar-Atauri, 2014). Le constat et les projections sont plutôt inquiétants pour toutes les régions viticoles traditionnelles, où les viticulteurs craignent pour leur capacité à conserver des marchés et assurer leur durabilité économique. Cependant, dans certains vignobles, ces nouvelles conditions climatiques pourraient s'avérer moins pénalisantes, comme en Alsace (Duchêne et Schneider, 2004) et en Val de Loire (Touzard *et al.*, 2019), du moins jusqu'en 2050. Par ailleurs, de nouvelles potentialités viticoles apparaissent dans des régions où la viticulture est aujourd'hui marginale (Ollat *et al.*, 2016), par exemple en Bretagne (Zavlyanova *et al.*, 2023), laissant entrevoir la perspective d'une « nouvelle géographie viticole » à la fin du siècle.

# Le projet Laccave : une approche systémique et participative de l'adaptation

---

La filière Vigne et vin présente des spécificités qui en font un objet d'étude scientifique original et d'intérêt pour explorer la question de l'adaptation au changement climatique. L'importance économique de la production de vin en France est en toile de fond, avec de nombreux emplois directs et indirects, ainsi qu'une position stratégique dans les exportations françaises (près de 15 milliards d'euros en 2022). Cette position est aussi culturelle avec des effets sur le tourisme et l'attractivité du pays. Le secteur est par ailleurs très organisé, réglementé autour du dispositif des appellations d'origine et indications géographiques protégées, qui cadre la localisation des vignobles, les technologies et pratiques des viticulteurs, les qualités et marchés du vin. Cette imbrication forte entre l'environnement, les techniques, l'économique et le politique fait que les innovations et les changements pour s'adapter appellent des regards interdisciplinaires et sont l'objet de négociations qui rendent plus explicites les enjeux d'orientation et de coordination au sein du secteur. De plus, l'importance des investissements de long terme, depuis la plantation jusqu'à des actifs immatériels comme la réputation d'un vin, amène les acteurs à se projeter dans plusieurs dizaines d'années, à l'horizon du changement climatique. Planter aujourd'hui une parcelle de vigne, c'est construire des connaissances pour envisager le vin qu'elle pourrait produire en 2050... Tous ces enjeux font de ce secteur à haute valeur ajoutée un système modèle pour analyser de manière pluridisciplinaire l'adaptation au changement climatique (Ollat et al., 2020).

Laccave a ainsi fédéré un réseau scientifique de 22 laboratoires rattachés à INRAE, au CNRS (Centre national de la recherche scientifique), à des universités et grandes écoles, présents dans les principales régions viticoles françaises et intégrant un large éventail de disciplines scientifiques, depuis la climatologie jusqu'aux sciences sociales, en passant par la génétique, la physiologie, l'agronomie, l'œnologie ou la pathologie. Ce réseau a aussi établi progressivement des collaborations avec FranceAgriMer, l'Inao, l'Institut français de la vigne et du vin, des ingénieurs des chambres d'Agriculture de France et des représentants des principales interprofessions viticoles françaises.

Les objectifs scientifiques du projet étaient à la fois d'explorer à long terme (2050) les impacts du changement climatique sur la culture de la vigne et la production de vin à des échelles régionales, et de construire des connaissances pour développer et évaluer des innovations et des stratégies permettant l'adaptation de ces vignobles. En accord avec les orientations du métaprogramme Accaf, les objectifs étaient également de structurer et rendre plus visible l'offre de recherche française sur ces questions, pour mieux répondre à la demande des acteurs de la filière et, plus largement, de diffuser les connaissances pour renforcer la mobilisation de ces acteurs et de la société sur la question du changement climatique.

En dix ans, Laccave a de fait réussi le pari de répondre à ces enjeux académiques, de structuration, d'expertise et de valorisation, avec une grande diversité d'actions et de productions. Cette dynamique positive a été permise par la durée même du projet. Des études ciblées sur différents domaines d'adaptation, depuis le matériel végétal jusqu'à l'analyse des comportements des consommateurs, ont pu être réalisées sur une période

suffisamment longue pour une plante pérenne et pour la prise en compte de l'affirmation de l'enjeu climatique par les acteurs de la filière. D'autres travaux plus méthodologiques ont produit des indicateurs, des outils ou modèles pour améliorer des simulations à l'échelle locale, évaluer les risques et raisonner l'adaptation. Des séminaires internes sous forme de *think-tank* ont permis de développer des réflexions plus systémiques sur des thématiques centrales associées à l'adaptation, comme la gestion de l'eau ou des sols. Des approches participatives ont progressivement été expérimentées pour faire émerger des solutions à une échelle locale, coconstruire des systèmes plus résilients, ou conduire une étude prospective débouchant sur l'élaboration d'une stratégie nationale d'adaptation de la filière. Enfin, le temps du projet a aussi été ponctué par des événements scientifiques ouverts aux acteurs de la filière, par exemple à l'occasion de salons professionnels, ou à la communauté scientifique internationale, avec notamment l'organisation de deux colloques internationaux et la construction de plusieurs projets européens.

Pour raisonner l'adaptation, Laccave a principalement ciblé l'horizon 2050, pour lequel les augmentations envisagées de température ne dépasseraient pas +2°C par rapport à la période de référence (1976-2005), même si plusieurs simulations climatiques à l'échelle locale ont aussi été conduites pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (Neethling, 2017; de Rességuier *et al.*, 2020; Zito, 2021; Zavlyanova *et al.*, 2023; Zito *et al.*, 2023). Avec cet horizon en perspective, les participants au projet ont aussi construit ensemble une vision commune, un cadre d'analyse et des méthodes permettant l'exercice de l'interdisciplinarité, nécessaire pour répondre au besoin de connaissance sur l'adaptation. Ils se sont ainsi rapidement accordés sur le fait que le changement climatique est un processus continu et multidimensionnel, que ses expressions futures ne peuvent être connues qu'avec beaucoup d'incertitudes et seront variables à l'échelle locale, que ses impacts sont globaux (notamment sur les ressources et les écosystèmes) et que l'adaptation doit être considérée au sens large, en incluant des processus biologiques pilotés par l'action humaine dans une diversité de domaines et à différentes échelles (Viguié *et al.*, 2014).

La communauté Laccave a ainsi adopté une définition commune de l'adaptation, considérée comme l'ensemble des processus et actions qu'une société, un territoire ou un secteur met en œuvre pour modifier ses activités face aux évolutions observées ou attendues du climat, en minimisant les effets négatifs de ce changement et en maximisant ses effets bénéfiques (Hallegatte *et al.*, 2011; IPCC, 2014; Caquet, 2017). L'adaptation doit ainsi se raisonner de manière systémique, en analysant les impacts, la vulnérabilité et les risques à différentes échelles spatiales et temporelles, en combinant des leviers techniques (Barbeau *et al.*, 2014), mais également en raisonnant la localisation des vignobles, en repensant les stratégies des entreprises et en considérant l'évolution du secteur à travers ses marchés, ses institutions, sa réglementation et le développement des connaissances techniques et scientifiques (Viguié *et al.*, 2014; fig. Intro-3). Il est apparu d'emblée qu'il n'y aurait pas de solution unique, par exemple seulement technologique, mais que différents leviers devraient forcément être combinés dans des stratégies pouvant s'orchestrer au sein d'un « système sectoriel d'innovation et d'adaptation » (Boyer et Touzard, 2021).

Globalement, Laccave a donc privilégié l'anticipation comme voie d'adaptation, plutôt que les réactions aux effets avérés du changement climatique (Viguié *et al.*, 2014). Le projet a également mis en avant l'importance des perceptions des risques et des conditions d'acceptation du changement par les acteurs de la chaîne de valeur (du producteur au consommateur), déterminantes pour leur engagement dans des stratégies adaptatives