

ALAIN CARBONNEAU
JEAN-LOUIS ESCUDIER

Préface de Philippe Mauguin



DE
L'ŒNOLOGIE
À LA
VITICULTURE

3^e édition augmentée

DISTINCTIONS
★

MENTION SPÉCIALE

DE L'ORGANISATION
INTERNATIONALE
DE LA VIGNE ET DU VIN

BEST IN THE WORLD

GOURMAND
WORLD COOKBOOK
AWARDS

éditions
Quæ

Alain Carbonneau
Jean-Louis Escudier

DE L'ŒENOLOGIE À LA VITICULTURE

Éditions Quæ

À notre regretté ami Claude Flanzy, qui a marqué l'histoire de l'œnologie et des relations entre œnologie et viticulture, par ses compétences scientifiques, ses capacités d'organisation des recherches, son sens de la filière vigne-vin et ses qualités humaines : il n'a pas d'équivalent dans le monde du vin !

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex
www.quae.com
www.quae-open.com

ISBN (papier) : 978-2-7592-3840-8
ISBN (pdf) : 978-2-7592-3841-5
ISBN (epub) : 978-2-7592-3842-2

© Éditions Quæ, 2024
3^e édition augmentée

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Sommaire

Préface	7
Introduction	9

CHAPITRE 1

L'ENVIRONNEMENT DE LA VIGNE	11
Où cultive-t-on la vigne dans le monde ?	11
Les vignes de l'extrême	14
D'où vient la vigne ?	19
Les grandes dates de la viticulture	22
Quels sont les climats favorables à un raisin de qualité ?	26
Comment connaître la qualité d'un millésime ?	28
Qu'est-ce qu'un microclimat ?	30
Quels impacts du changement climatique sur les vignobles ?	31
Quels sont les sols favorables ?	33
Jusqu'à quelle profondeur la vigne s'enracine-t-elle ?	38
Terroir or not terroir : that is the question !	39

CHAPITRE 2

LA VIGNE DANS SON ENVIRONNEMENT	43
Comment reconnaître une variété d'un coup d'œil ?	43
Qu'est-ce qu'un cépage ? Comment est-il créé ?	46
Le Marselan : de la création à la production	49
Développement de la résistance dans les cépages	62
Cultive-t-on des vignes OGM ?	67
Une vigne « naine », ça existe ?	68
Le secret du raisin sans pépin	69
Le Pinot gris : tout est dans sa peau	73
De l'utilité d'un porte-greffe	75
Quand la vigne est malade de ses virus	79
<i>Web et smartphones au chevet des vignes malades</i>	83
Peut-on se passer de pesticides ?	85
<i>Vue synoptique des ravageurs de la vigne</i>	88

<i>Vue synoptique des maladies de la vigne</i>	90
Durable, intégré, biologique, biodynamique : l’embarras du choix	93
Arbre fruitier ou liane ?	96
Le fonctionnement de la vigne : une question d’équilibre	99
Doit-on sacrifier le rendement à la qualité ?	101
Quel peut être le rendement maximum d’une vigne ?	103
La vigueur est-elle un défaut ?	104
Quelle est la durée de vie d’un vignoble ?	105
À quoi voit-on que le raisin est mûr ?	105
Savez-vous planter la vigne ?	108
Le plant de vigne : simple comme un pépin ?	111
Incontournable taille ?	112
Tailler la vigne en artiste ou à la machine ?	114
Se chauffer avec des sarments de vigne ?	119
Conduire la vigne : un travail d’architecte ?	121
Nourrir et entretenir le sol d’un vignoble	127
L’irrigation de la vigne, une vraie problématique	130
Le vignoble face aux éléments	134
Mécanisation de pointe au vignoble	137
Un vignoble <i>high-tech</i> ?	140
<i>Perspectives de la viticulture : renaître après le « Big Bang »</i>	142

CHAPITRE 3

LE VIN POUR TOUS	146
Quand tout tient à une définition	146
Le vin se conjugue au pluriel	147
L’INAO et les appellations françaises	155
Les critères d’identification des vins à l’échelle mondiale	161
D’où viennent tous les composés du vin ?	162
Zoom sur quelques composés du vin dont on parle moins	163
Les éclairages de la recherche sur les arômes du vin	164
Quels sont les seuils de perception olfactifs des composés d’arômes du vin ?	165
Les polyphénols, bien plus qu’une simple histoire de couleurs !	166
Des composés indésirables dans le vin ?	169
D’où vient l’astringence ?	171
Combien le vin peut-il consommer d’oxygène ?	173
Indispensables sulfites ?	173
Le climat évolue, la composition du vin aussi	174

CHAPITRE 4

L'ÉLABORATION DU VIN	178
Levures et fermentation, quoi de neuf depuis Pasteur ?	178
Levures et vins, récit d'une adaptation	180
Levures indigènes ou levures sélectionnées ?	180
Quelles levures pour demain ?	181
Du raisin au vin, d'autres microorganismes à l'œuvre	183
La vinification ou la science des transformations	184
Vinification par macération carbonique, la vie sans oxygène	187
Pourquoi « pige »-t-on la vendange pour la vinification en rouge ?	188
Extrait-on beaucoup de polyphénols en vinifiant ?	191
Pourquoi chauffe-t-on parfois la vendange avant de la vinifier ?	192
La vinification en blanc, des contraintes bien particulières	195
La vie en rosé, les secrets d'un vin	197
Comment produire des vins extrêmes en sucres et alcool ?	200
Érafler, fouler, trier, pressurer...	201
Du vin brut au vin limpide	205
Comment gérer l'acidité ou la teneur en alcool d'un vin ?	210
Comment mettre le vin à l'abri de l'oxygène ?	212
Vin et bois, intime alchimie	214
Comment fabrique-t-on une barrique ?	216
Combien de forêts pour nos barriques ?	219
Dans le secret du fût	220
Une aromatisation internationale du vin par le bois ?	223
Les contenants du vin, de l'amphore au <i>Bag-in-Box</i> ®	224
Le bouchage aussi évolue	227

CHAPITRE 5

LA FILIÈRE DE LA PRODUCTION VITIVINICOLE	230
La production du vin	230
Les formations de la vigne et du vin, de technicien à ingénieur	232
Autorités et instances dans le monde du vin	234
Où se fait le vin ?	235
Quels pays producteurs dans le monde ?	238
Une filière aux multiples facettes	242
Peut-on faire du vin chez soi sans autorisation ?	244
Brèves histoires de caves coopératives	246
Quels vins sous la prohibition ?	247

Y a-t-il un modèle français ?	248
Le vin, la loi et les pratiques œnologiques au fil du temps	250
Le décryptage de l'étiquette	251
Et demain, quelles seront les frontières du vin ?	254

CHAPITRE 6

LA CONSOMMATION DES PRODUITS DE LA VIGNE	258
Même les feuilles se mangent	258
Une filière qui sait se diversifier	260
« Dis-moi : comment goûte-t-on le vin ? »	269
Que se passe-t-il dans notre bouche et notre nez ?	273
L'acte sensoriel de dégustation en détail	275
<i>Modèle de fiche d'analyse sensorielle</i>	276
Un vin retravaillé, le champagne	281
Le cognac, l'eau-de-vie la plus prestigieuse du monde ?	285

CHAPITRE 7

LE VIN ET LA SOCIÉTÉ	289
L'innovation œnologique entre possibilités et éthique	289
Le vin autour des plats et dans la cuisine	290
La tendance à la progression de la consommation du vin en France et dans le monde	292
Le vin est-il un aliment ?	294
Le vin et la santé humaine	297
<i>Vin et santé : où est la vérité ?</i>	298
 ACTUALITÉS VITICOLES EN CHINE	 302
Postamble	302
La diversité des terroirs viticoles chinois	304
La variété révélatrice de l'architecture des caves chinoises	314
Les perspectives de recherche en viticulture en Chine	325
Mon cœur est à Yantai, capitale du vin en Chine	328
Une famille bordelaise de vigneron à la rencontre d'un terroir chinois	330
Runaway Cow Winery, un exemple d'œnotourisme dans le Shandong	332
 Lectures pour aller plus loin	 334
Remerciements	335

Préface

La vigne et le vin occupent une place unique dans la production agricole française et dans le cœur des Français ! C'est un secteur absolument majeur de notre économie : il génère un excédent économique de plus de 9 milliards d'euros par an et assure nombre d'emplois dans la production, la vinification et la mise en marché. Ce secteur valorise nos terroirs dans leur grande diversité, partout en France. Cette spécificité est ainsi source de valeur économique, mais elle est aussi le vecteur d'une histoire et le support d'une richesse culturelle et patrimoniale unique. Cette composante de l'identité française transforme souvent les questions viticoles en débats passionnés, que cet ouvrage rigoureux et ouvert permet d'éclairer intelligemment.

Ce livre est unique car il est construit pour permettre à chaque lectrice et à chaque lecteur de trouver des réponses à ses questions, qu'il ou elle soit viticulteur/viticultrice, œnologue, consommateur/consommatrice éclairé(e) ou étudiant(e). Mieux, il s'appuie comme peu d'autres sur le continuum vigne-raisin-vin pour éveiller votre curiosité au-delà de votre intention première. Vous constaterez à quel point la vigne et le vin révèlent des liens parfois insoupçonnés entre cultures, terroirs, santé, économie et enjeux sociétaux. Professionnel(le)s, vous y trouverez des données de référence et un cadre de réflexion sur vos propres pratiques et sur leurs évolutions possibles. Amateurs et amatrices de vin, vous y découvrirez les secrets d'une filière aux traditions et aux approches diverses. Apprenant(e)s de tout âge, vous y suivrez une démarche scientifique rigoureuse et accessible pour mieux saisir les concepts et les enjeux du monde vitivinicole d'aujourd'hui et de demain, en France et dans le monde. Cette nouvelle édition donne notamment à voir comment la Chine s'ouvre à la production de vins.

Largement illustré, s'appuyant sur les parcours professionnels et l'expérience et les rencontres de ses deux auteurs, cet ouvrage aborde tous les champs de la viticulture et de l'œnologie, avec des synthèses documentées des connaissances les plus récentes. Il couvre ainsi toutes les questions de la génétique, actuelle et future, de la vigne, la physiologie du cep et ses conséquences sur la réponse au sol et aux conditions climatiques, en intégrant les effets du changement climatique sur la vigne, le vignoble et la vinification. Ceci conduit à des éléments très riches sur les pratiques au vignoble et au chai. Il aborde largement les aspects biochimiques du vin et le lien aux méthodes d'élaboration des différentes qualités. Il est une source de connaissances considérable, où chacun puisera pour appréhender l'ensemble des étapes allant du cep à la bouteille et au verre.

Le succès de ce livre, très vite devenu une référence et salué par plusieurs prix prestigieux, a permis cette nouvelle édition. Ses auteurs ont poursuivi l'actualisation réglementaire, technique et scientifique à cette occasion. Les conditions de l'innovation sous contraintes climatiques et environnementales ont pu être développées, les données chiffrées mises à jour et certains sujets porteurs précisés, comme les cépages résistants, le greffage, l'irrigation par l'eau usée traitée, les labels, les vins sans alcool, les nouvelles productions à partir de la vigne, la mise en perspective de la composition des vins à partir de trente ans de relevés météorologiques, la vigne en Chine.

De l'œnologie à la viticulture est toujours ancré dans l'actualité, car la filière viticole est au cœur des enjeux contemporains. Elle fait face à des changements globaux inédits, dont le changement climatique, qui va peser sur les conditions de production et impacte déjà la phénologie de la vigne, les dates de vendange et la qualité des produits. Les régions de production sont questionnées, exigeant des leviers d'adaptation forts. Les consommateurs aussi changent : la mondialisation et les attentes des consommateurs européens conduisent à une évolution profonde des marchés en termes de volume, de qualité et de modes de production. Les exigences en matière de protection des cultures et de réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques sont particulièrement fortes. La filière vitivinicole doit donc tout à la fois répondre aux marchés intérieurs et aux marchés mondiaux en assurant une bonne performance économique dans les territoires. Heureusement, ce livre démontre que la diversité des territoires viticoles français est un atout considérable pour répondre à cette demande duale.

Le paradoxe de la viticulture est d'avoir une image de tradition autour d'un produit qui enchante, et conjointement d'être gourmande en innovations pour répondre à ces défis majeurs. Les innovations seront tout à la fois techniques et organisationnelles, et ceci au long de la chaîne de valeur : innovation variétale – avec un focus très important sur les résistances durables aux maladies foliaires, que nous considérons comme un principe de responsabilité vis-à-vis des viticulteurs futurs, en France et dans le monde –, conduite et protection du vignoble – notamment *via* le biocontrôle –, lutte contre les maladies du bois et les dépérissements, irrigation, transformation, conditionnement et mise en marché.

Les travaux de recherche dessinent une image résolument moderne de la viticulture et des produits de la vigne de demain. Les organismes de recherche, les établissements d'enseignement supérieur et l'ensemble de l'écosystème de l'innovation donnent à la France des atouts considérables pour accompagner la transition mondiale de la filière Vigne et Vin. L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), l'Institut français de la vigne et du vin (IFV), toutes les interprofessions viticoles et d'autres acteurs se mobilisent pour cela. On ignore souvent qu'INRAE possède, en France, la plus riche collection ampélographique mondiale, avec 8 500 accessions, indispensables pour améliorer et diversifier la production. Des unités de recherche couvrent la totalité des champs disciplinaires des domaines biotechniques, économiques et sociaux. Leurs travaux s'appuient sur des infrastructures expérimentales uniques au monde. *De l'œnologie à la viticulture* s'inscrit dans cette perspective d'innovation partagée : il affirme la volonté de transfert des résultats de recherche vers la filière vitivinicole, illustre la diversité des performances attendues par des acteurs différents, revendique l'indispensable dimension internationale de la réflexion, et propose de nouvelles questions de recherche.

Je vous souhaite une bonne dégustation de cet ouvrage, prélude au plaisir d'une redécouverte des vignobles qui enrichissent les territoires, en France et dans le monde !

Philippe Mauguin

PDG d'INRAE

Introduction

Dans ce livre, nous avons souhaité vous faire partager notre passion et notre expérience de ce monde original qui est celui de la vigne et du vin. Nous devrions d'ailleurs inverser ces termes en écrivant « le monde du vin et de la vigne ». Pourquoi ?

Plongeons-nous tout d'abord dans l'époque du Néolithique, où l'homme est supposé avoir domestiqué la vigne sauvage dans les régions du Moyen-Orient les plus avancées en termes de civilisation : une immersion virtuelle dans les conditions d'alors nous conduit à l'évidence que l'homme-cueilleur a dû d'abord goûter du raisin sauvage fermenté, un vin on ne peut plus naturel qu'il aura apprécié, avant d'avoir pu sélectionner les premiers cépages et maîtriser tant soit peu la culture de cette liane des forêts qu'est la vigne.

Plus récemment, les Gaulois ont appris de leurs colonisateurs romains l'art de cultiver la vigne, alors qu'ils appréciaient déjà le vin et d'autres boissons fermentées depuis fort longtemps ! Sautons allègrement plusieurs siècles pour nous retrouver au milieu de nos problèmes actuels. La mondialisation – qui existait du reste aussi aux temps antiques de la romanité – nous incite à d'abord définir les types de vins demandés sur le marché, et ensuite, à adapter en conséquence les pratiques œnologiques et enfin viticoles, en remontant jusqu'au terroir naturel et ses potentialités.

Mais, rassurons les lectrices et les lecteurs, l'ouvrage adopte, pour plus de pédagogie, l'ordre logique – et non chronologique – de présentation des choix techniques aboutissant à l'élaboration d'un vin de qualité : l'environnement de la vigne, la vigne dans son environnement, le vin pour tous, l'élaboration du vin, la filière de la production vitivinicole, la consommation des produits de la vigne, le vin et la société avec un aperçu final de l'effet du vin sur la santé de l'homme. Le traitement de tous ces thèmes s'appuie sur des bases scientifiques pour expliquer les choix techniques, parfois innovants, pratiqués par les professionnels de la vigne et du vin. Notre souci de mettre en relief les interactions entre viticulture et œnologie nous a également incités à faire ressortir dans ce livre les impacts environnementaux et sociétaux de cette culture et de cet art de vivre. La réédition nous a permis d'actualiser des ensembles de données et d'ajouter en particulier une étude sur un cépage d'avenir, le Marselan, issu de la création variétale INRAE, ainsi que sur de nouvelles générations de cépages résistants aux maladies fongiques. L'évolution climatique interpelle le monde de la viticulture (ressource en eau pour irriguer la vigne, par exemple) et de l'œnologie. Une analyse critique des démarches de viticulture durable, issue des travaux du Groupe international d'experts en systèmes vitivinicoles pour la coopération (GiESCO), est proposée dans ce contexte. Cette troisième édition est aussi augmentée d'un volet d'actualités viticoles en Chine, informations qui figurent également dans l'édition chinoise du livre.

Le lien étroit entre œnologie et viticulture se traduit aussi en termes de réglementation au niveau des catégories de vins et du travail des organismes certificateurs, dont l'attention se porte de plus en plus sur la vigne et sur l'élaboration du vin.

L'ENVIRONNEMENT DE LA VIGNE

Où cultive-t-on la vigne dans le monde ?

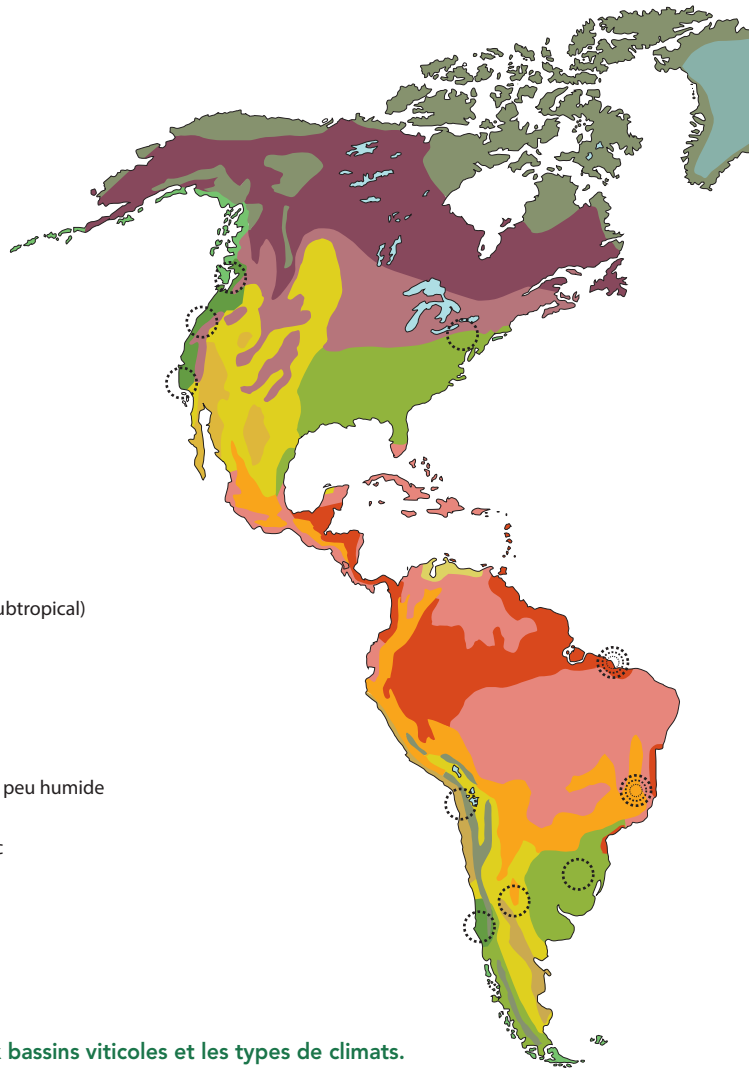
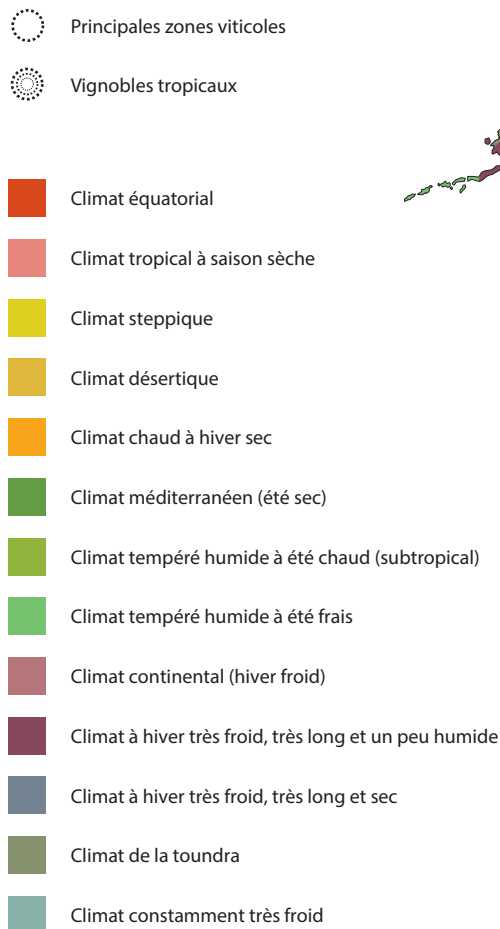
La viticulture couvre la planète avec un total d'un peu plus de 7,3 millions d'hectares de surfaces cultivées en 2020, dont pratiquement 60 % sur le continent européen. Elle se concentre dans une grande zone tempérée que l'on peut définir entre les isothermes annuels 10 et 20 °C. Les gammes de latitudes correspondantes sont environ pour l'hémisphère nord de 30°-50° et pour l'hémisphère sud de 25°-45°. Il est à noter qu'à température égale, la latitude est plus faible en hémisphère sud comparée au nord, car l'hémisphère sud est globalement plus froid (masses océanique et antarctique plus importantes qu'au nord), ce qui procure des conditions d'ensoleillement plus élevées qu'au nord.

Cependant, la viticulture dépasse de telles limites, d'un côté vers des régions plus froides et plus élevées en latitude (et ce d'autant que le réchauffement climatique agit), d'un autre côté vers des régions plus chaudes sous des latitudes faibles et à caractère tropical. L'altitude interfère avec la latitude, en renforçant fraîcheur et humidité dans les zones précédentes, et aussi en permettant une viticulture subéquatoriale. De façon générale, on estime à 0,6 °C la diminution de température moyenne annuelle entraînée par une élévation de 100 m d'altitude ou de 200 km de latitude.

Les principaux climats où se développe la viticulture sont illustrés sur la carte. Par ordre décroissant d'importance en surface¹, nous trouvons :

- les climats de type méditerranéen (été chaud et sec), comme l'Europe du Sud (Sud de la France, majeure partie de l'Espagne, de l'Italie, du Portugal et de la Grèce, soit environ 40 % de la production mondiale), le bassin méditerranéen, la Californie du Nord, le Chili central, la frange sud de l'Australie et de l'Afrique du Sud ;
- les climats arides (irrigation régulière nécessaire), comme la Californie centrale et du Sud (avec sa partie mexicaine), l'Argentine (Mendoza notamment), le Chili du Nord, le Pérou, la majeure partie de l'Australie et de l'Afrique du Sud, les Nord et Nord-Ouest de la Chine (ici à hiver très froid), les Proche et Moyen-Orient. À noter que l'évolution du climat est en train d'étendre cette zone au détriment de la précédente ;
- les climats maritimes avec un été relativement frais, comme les Sud-Ouest, Ouest et Nord-Est de la France, la majeure partie de la Nouvelle-Zélande, le Sud du Chili, une extension vers des zones comme le Sud de l'Angleterre ; ou avec une influence continentale, comme l'Allemagne, l'Europe centrale, le Sud du Caucase ;

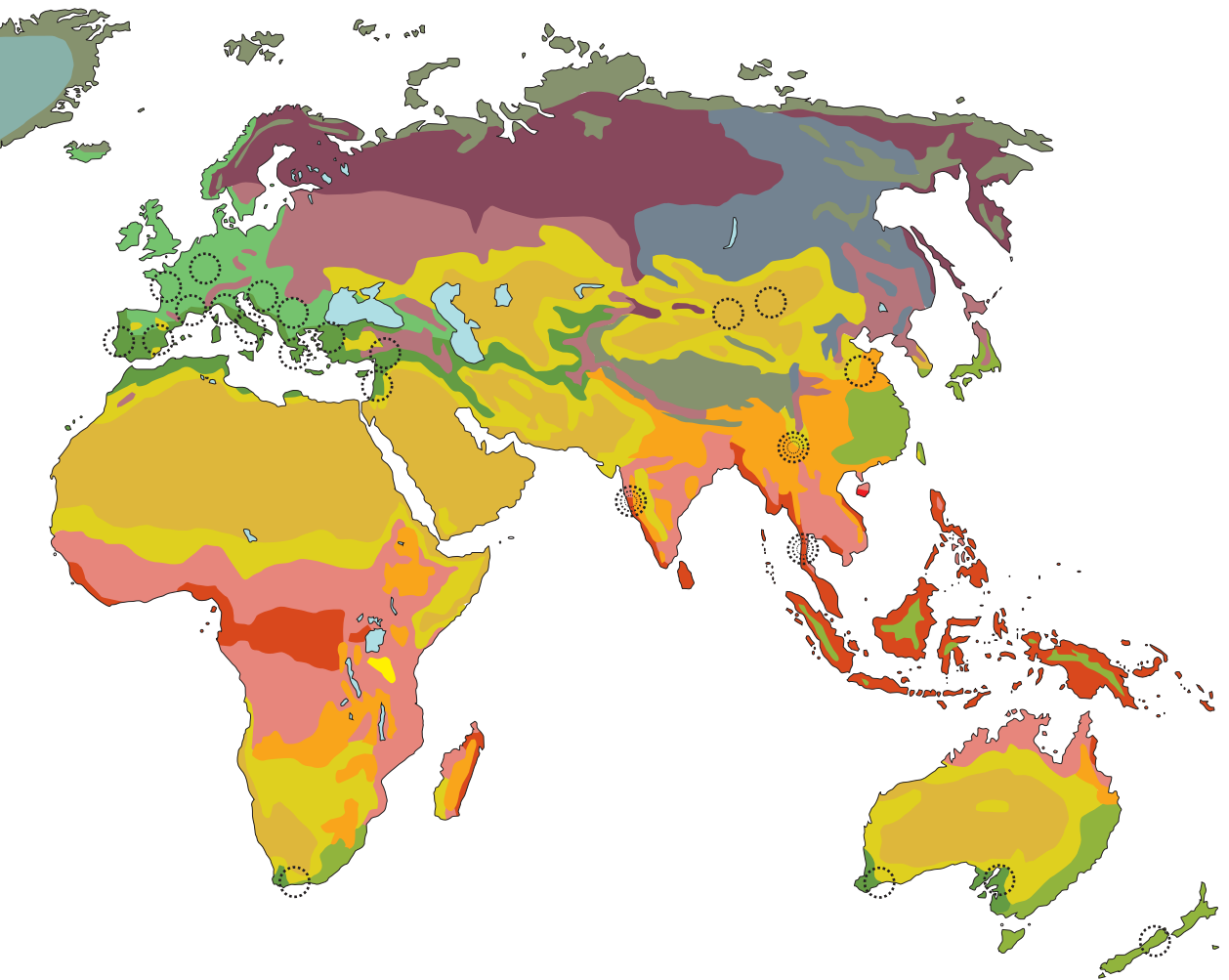
¹ Voir chapitre 5.



1. Carte du monde avec les principaux bassins viticoles et les types de climats.

- les climats subtropicaux arides, comme le Nord-Est du Brésil (Pernambuco), l'Inde (Pendjab) ; ou avec un été relativement sec, comme les Sud et Centre-Est du Brésil, l'Uruguay, le centre du Mexique, et en altitude (Bolivie, Colombie, Venezuela) ; ou avec un été chaud ou humide comme le Sud-Est des États-Unis, le Sud-Est de la Chine, l'Inde (Maharashtra), le Centre-Est de l'Australie, la Thaïlande. À noter dans ces régions à caractère tropical que le niveau thermique global conditionne le nombre de cycles végétatifs possibles par an (2 à 3), et que le régime des pluies autorise au moins une saison sèche ;
- les climats humides et froids (les moins froids, été sec), comme les Nord-Est et Nord-Ouest des États-Unis, les Sud-Est et Sud-Ouest du Canada, la frange est du continent européen, le Nord-Est de la Chine, le Japon.

À noter qu'en sont exclus les climats les plus extrêmes, polaires, humides et froids (l'essentiel), tropicaux (et équatoriaux) humides (sauf si altitude et exposition sont favorables). En outre, il est intéressant de souligner que le centre d'origine principal de *Vitis vinifera* situé entre mer Noire et mer Caspienne



(Transcaucasie), en particulier en Géorgie actuelle, possède un climat méditerranéen avec des nuances tropicales l'été et continentales l'hiver ; sa partie montagneuse est couverte de forêts qui abritent les vignes sauvages originelles.

Une fois établis les seuils thermique (par exemple, froid hivernal rarement inférieur à $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou chaleur estivale moyenne inférieure à $38\text{ }^{\circ}\text{C}$) et hydrique (par exemple, pluviométrie annuelle supérieure à 500 mm sans irrigation ou absence de risque d'ennoyage prolongé en saison), les climats des vignobles sont caractérisés globalement par les trois indices climatiques suivants mesurés à partir des données météorologiques journalières et de données sur le sol et le vignoble :

- l'IH, l'indice héliothermique du cycle végétatif en degrés Celsius \times jours (éventuellement plafonné) ;
- l'IF, l'indice de fraîcheur des nuits ou température minimale moyenne (en degrés Celsius) pendant la maturation ;
- l'IS, l'indice de sécheresse ou bilan hydrique du cycle végétatif (en général borné à 0) entre la pluviométrie, l'évapotranspiration, la réserve du sol, l'architecture de la vigne.

Des indices locaux spécifiques au lieu ou à l'objet d'étude sont utilisés en complément.

Les vignes de l'extrême

Il est des situations où la vigne se trouve où on ne l'attend pas, que ce soit en raison du climat, du sol, de la végétation, ou même de l'homme ! Voici une petite balade en images...

Chaleur et sécheresse extrêmes du climat et du sol



2. Sur l'île de Lanzarote aux Canaries, terre désertique soumise aux effets extrêmes du soleil, de la sécheresse et du vent, la vigne ne pousse que grâce à la condensation de la rosée du matin recueillie au fond de cuvettes creusées dans la pouzzolane rappelant des cratères. © P. Thomas.



3. Dans l'archipel des Açores, dans des conditions assez similaires à celles des Canaries, sur l'île de Pico, le vignoble du village de Criação Velha pousse sur un sol extrêmement superficiel sur un « pavé » de lave dont les blocs façonnent le damier des parcelles, offrant un maigre espace à quelques racines qui s'immiscent dans les fissures. © P. Thomas.



4. Sur les cendres volcaniques de l'île grecque de Santorin, les vignes sont protégées du vent par une conduite au ras du sol en forme de nid d'oiseau appelée ampelias et relativement espacée pour économiser l'eau.

© A. Carbonneau.

D'autres situations de sécheresse existent dans le monde, sans qu'il y ait recours à l'irrigation ; la pluviométrie annuelle est généralement inférieure à 350 mm et la production y est très faible et aléatoire. Des sols sableux y accentuent le niveau de sécheresse. Dans de nombreux cas, traditionnellement, on cultive la vigne au ras du sol pour limiter la prise au vent et la transpiration. Par exemple, sur le sable de Collares en bordure de plage près de Lisbonne, la vigne survit au sec et au vent en rampant et développant une maigre végétation.

Normalement, les vignobles de climats arides ou semi-arides sont irrigués pour être économiquement rentables ou tout simplement viables. Parfois le mode d'irrigation modèle le paysage comme dans l'État de Washington, au climat très chaud et sec l'été, et très froid l'hiver, où la vigne est cultivée à l'irrigation dans le désert, et épouse la forme circulaire des rampes d'aspersion. Toutefois, ces techniques ont leurs limites. En présence d'excès réguliers de température, au-delà des 40 voire 50 °C, la viticulture est rendue impossible même si l'irrigation est disponible.



5. Dans la zone désertique orientale de l'État de Washington (États-Unis), au domaine Horse Heaven Hills, des vignobles circulaires ont été établis en fonction d'une rampe d'arrosage par aspersion pivotante (à gauche). Ce mode d'irrigation est remplacé actuellement par des rampes fixes et le goutte-à-goutte, plus efficaces (parcelles en carrés. à droite). © G. Jones, Oregon State University.

Climat à hiver très froid

Face aux hivers très froids, on exploite les aptitudes des vignes sauvages ou hybrides parmi les plus tolérantes sur ce plan-là, comme on le fait aux États-Unis. Une autre possibilité est d'utiliser le pouvoir isolant de la terre, par une pratique culturale que l'on trouve en Asie.



6. Près des Finger Lakes, dans l'État de New York, la vigne *Vitis labrusca* très résistante au froid permet une culture au-delà de la limite tolérée par *Vitis vinifera*. Les conditions de grande fertilité des sols permettent des rendements élevés essentiellement pour des productions à base de jus de raisin avec le cépage Concord conduit ici de façon innovante en double rideau de Geneva (New York) afin d'augmenter la fertilité. © T. Bates, Cornell University.



7. Des cépages classiques (*Vitis vinifera*) peuvent être cultivés en étant enterrés l'hiver après la taille, afin de supporter des températures de l'ordre de -25 à -35 °C.

■ a. C'est le cas dans le vignoble Hirakawa à Hokkaïdo au Japon, ici sous une épaisse couche de neige certes protectrice mais extrêmement abondante, interdisant tout accès. © A. Hirakawa, Hokkaïdowine.

■ b. C'est aussi pratiqué dans le Ningxia, en Chine du Nord, où l'on couche les ceps au tronc incliné avant de les butter à la terre ; ils seront relevés au printemps avec leur cordon positionné hors sol, à l'horizontale. © A. Carbonneau.

Froid et humidité du climat et du sol

Ce sont normalement des conditions très défavorables à la viticulture. Mais dans certains terroirs des produits d'exception peuvent être élaborés même dans ces conditions.



8. Dans le Jura, à Château-Chalon, outre le froid de l'hiver, la vigne pousse dans des sols marneux froids et humides, pour y produire le célèbre vin jaune grâce à un élevage sous voile levurien en barrique. © A. Carbonneau.

Montagne, pente et climat souvent froid

Le relief crée des paysages saisissants où la viticulture est possible grâce à un aménagement souvent titanesque des pentes. Souvent aussi les problèmes de froid lié au climat de la montagne renforcent les difficultés. La proximité de plans d'eau permet de tempérer cette situation. L'exemple en est donné ci-dessous par les vignobles suisses de Lavaux qui sont d'ailleurs inscrits au patrimoine mondial de l'Unesco : à gauche, une vue panoramique autour du lac Léman ; à droite, les terrasses bâties de Donnas.



9. Vignobles en terrasses construites sur forte pente.

- a. Lavaux en bordure du lac Léman avec les « trois soleils » (le soleil, le lac réverbérant, le sol réfléchissant avec ses murets).
- b. La montagne de Donnas en val d'Aoste. Toutes photos © P. Thomas.

Plaines très fertiles

Historiquement, la vigne n'occupe pas les terres fertiles qui sont réservées aux cultures vivrières et fruitières. Toutefois, le succès de la viticulture explique dans de nombreux cas que la vigne ait quitté les



coteaux et les terres « marginales » pour s'établir en plaine. Dans le cas de sols riches et profonds, les vignes ont une végétation et une production abondantes, parfois extrêmes, ce qui pose des problèmes de conduite. Dans des situations relativement chaudes, le raisin atteint la maturité ; mais dans des régions fraîches ou froides, ce résultat requiert des techniques de conduite « hors-normes ». L'exemple est fourni ci-dessous, dans la plaine du Pô avec une architecture monumentale traditionnelle assurant une captation maximale de l'énergie solaire.

10. Dans la plaine du Pô en Vénétie, la vigne est dans une situation tempérée et plantée en sol profond très fertile. Sa vigueur y est extrême et sa production aussi. Traditionnellement on y utilise des architectures monumentales de type pergola pour contenir cette végétation exubérante ; ici le 'Raggi Bellussi' tenu par de hauts piquets et des arbres, avec l'échelle donnée par l'auteur de la photo. © G. Cargnello.

Étranges situations tropicales

Le froid de l'hiver peut concerner des zones subtropicales si les masses d'air y parviennent. Ce cas est réellement exceptionnel, voire paradoxal. Quelques exemples assez uniques existent en Asie comme celui de la Corée du Sud.



11. Vignoble tropical ViniBrasil à Petrolina au nord-est du Brésil.
■ a. Parcelle de Syrah en espalier classique, bordée de cactus ciorges.