

CLIMAT ET VITICULTURE AU VIETNAM : EVALUATION ET PERSPECTIVES

Benjamin BOIS^{1,2} et Jocelyne PÉRARD²

¹ Centre de Recherches de Climatologie
UMR 5210 Université de Bourgogne – CNRS
Bât. Sciences Gabriel, 6 Bd Gabriel
21000 Dijon
benjamin.bois@u-bourgogne.fr

² Chaire UNESCO « Culture et Traditions du Vin »
IUVV, Université de Bourgogne
Rue Claude Ladrey BP
27877 Dijon Cedex

Résumé

Parmi les activités humaines, la culture de la vigne pour la production de vin est fortement dépendante des conditions climatiques. Le potentiel d'une zone viticole est sous l'étroite influence du climat, en particulier des conditions radiatives, thermiques et hydriques, de telle sorte que la plupart des vignobles à caractère œnologique sont localisés aux latitudes moyennes. Pourtant, l'expansion de la vitiviniculture aux basses latitudes s'est accélérée ces dernières années. Ici, les conditions climatiques et la faible variation de longueur des jours permettent dans la plupart des cas deux à trois récoltes par an, alors qu'une seule n'est envisageable dans les régions de climat tempéré. Toutefois, dans bien des régions tropicales, la valorisation économique des vins et leur qualité sont encore médiocres. Ces insuffisances résultent à la fois d'une technicité parfois mal maîtrisée tout au long de la filière, notamment d'un choix peu pertinent des cépages cultivés au regard des conditions climatiques. Cette étude tente d'évaluer les potentialités climatiques de production vitivinicole au Vietnam, en climat de mousson tropical humide, où l'État encourage, depuis quelques années, la viticulture et l'industrie du vin. La recherche porte sur la province du Ninh Thuan (sud-est du Vietnam), principale région productrice de raisin. Le système de classification climatique multicritères (CCM) géoviticole a été utilisé et appliqué aux données climatiques de la station de Nha Ho (11°40'N ; 108°58'E), sur la période 1979-1998. Cette classification s'appuie sur trois indices climatiques : l'indice héliothermique d'Huglin (IH), l'indice de sécheresse (IS) et l'indice de fraîcheur des nuits (IF). Le calcul de ces indices sur des périodes glissantes de 4 mois (durée du cycle végétatif de la vigne en région tropicale), pour chaque mois de l'année, a permis d'identifier 7 climats géoviticoles distincts, marqués par des régimes hydriques très contrastés au cours de l'année, en raison de l'alternance entre une période très sèche en début d'année, et d'une période de mousson humide de juillet à décembre. La période de culture de la vigne qui apparaît comme la plus favorable à la production de raisin de qualité s'étend de décembre à mars. Durant cette période, les cumuls thermiques ne sont pas excessifs (IH de 2411°C.J), la sécheresse limitée (IS de 6 mm) et des minima nocturnes modérés sont enregistrés durant la période de maturation du raisin (IF de 18°C). En revanche l'étude diagnostique montre que les récoltes suivantes (deuxième voire troisième récolte annuelle) offriraient des raisins à potentiel œnologique nettement moins bon qu'il conviendrait sans doute de valoriser soit en raisin de table, si le cépage le permet, soit en vins plus légers, soit même en « vins de fruits ». L'adaptation des modes de conduite de la vigne aux contraintes climatiques impliquant une modification du calendrier cultural doit, en tout état de cause, s'accompagner d'autres mesures indispensables au développement de la filière vitivinicole au Vietnam : en particulier l'amélioration de la sélection des cépages et des techniques œnologiques, et l'implantation systématique de maisons de vins près des lieux de production du raisin.

Mots clés : Vietnam, Ninh Thuan, climat, viticulture, classification climatique multicritère géoviticole.

Abstract

Climate and viticulture in Vietnam: assessment and perspectives

Amongst human activities, wine production is considerably affected by climate conditions. Grapes require suitable solar radiation amounts, temperature and water balance, so that most of vineyards are located at mid-range latitudes over the globe. However, tropical viticulture for wine production has recently been developed. In such climate conditions, 2 or 3 crops can be produced each year, but their quality depends on farming skills and climate conditions within each vegetative cycle. Tropical wine economical promotion is still poorly developed, due to the lack of technical skills and the irrelevant adaptation of cultivar to climate conditions. In this paper, the

climate potentialities for wine production under tropical humid monsoon climate are studied. The study area is the region of Ninh Thuan, in South-East Vietnam, producing most of the grapes of the country. The multicriteria climatic classification system (CCM) for grape-growing regions worldwide was applied to climate data collected in Nha Ho (11°40'N ; 108°58'E), from 1978 to 1998. This system is based upon three climate indices: the Hugin heliothermal index (IH), the dryness index (IS), and the coolness index (IF). Each index was calculated on 4 months moving windows, corresponding to the potential vegetative cycle periods for tropical climate areas. Throughout the year, 7 types of climate were identified, mostly depending on considerable variations in water supply, as monsoon occurs from July to December and provides excessive rainfall amounts in contrast to late winter and spring droughts. The most suitable period for high quality grape production lasts from December to late March. Although the Ninh Thuan climate remains hot, a moderate dryness during the beginning of the year together with temperate nights during grapevine ripening period might provide satisfactory grape quality for wine production. Poorer quality would be obtained for the second harvest (and possibly a third one). A more relevant promotion could be reached by selling this second crop either as table grapes (depending on the cultivar potentialities) or by using it to produce lighter wines. Those grapes could also be used as raw material to elaborate the so-called "fruit wines" ("vang"). The success of wine production development in Vietnam requires, besides the necessary evolution of winegrowing skills, an improved spatial consistency of the production network, especially by reducing the distance between grapevine production and winemaking sites.

Key words: Vietnam, Ninh Thuan, Climate, Viticulture, multicriteria climatic classification system of grape-growing regions worldwide.

Introduction

Olivier de Serres, un des pères de l'agronomie française, affirmait dès le début du 17^{ème} siècle « *l'air, la terre et le complant (i.e. le climat, le sol et le cépage) déterminent la qualité des vendanges* ». Aujourd'hui encore - et sans oublier l'importance des autres déterminants, en particulier du savoir-faire humain - le climat demeure un élément limitant et discriminant pour la vigne. À ce titre, le facteur radiatif (durée d'insolation, bilan net) et la température de l'air jouent un rôle de premier plan, même si la pluviosité et l'humidité sont aussi à prendre en compte dans le développement phénologique de la plante. Le climat conditionne l'extension des vignobles et leurs limites extrêmes : pour la plupart, ils sont localisés entre les isothermes moyennes annuelles 12° et 22°C, avec des limites géographiques comprises grossièrement entre 30° et 50° de latitude dans l'hémisphère nord et entre 30° et 40° dans l'hémisphère austral. Les aires de répartition des cépages dépendent également du climat (Jones, 2006) qui définit la qualité des millésimes, induit des risques météorologiques et des maladies cryptogamiques, parfois de type létal pour la vigne.

Malgré cette forte prégnance du climat, on voit se dessiner, surtout depuis les deux dernières décennies, une nouvelle géographie des vignobles, s'étendant bien au-delà des limites traditionnelles de *Vitis vinifera*. Les raisons de cette expansion des vignobles sont multiples et parfois cumulées : réchauffement climatique, progrès dans les modes de conduite et les techniques oenologiques, attrait de nouveaux marchés liés à la mondialisation et à l'émergence d'un public amateur de vin. Globalement, l'expansion de ces "nouveaux vignobles" adopte trois orientations. Les vignes gagnent en altitude : au Chili et en Colombie, par exemple, elles sont cultivées jusque vers 2500-2800 m et l'Argentine commercialise actuellement un "vin des cimes" issu des cépages Malbec et Cabernet-Sauvignon récoltés au-dessus de 2000 m (Salomon, 2005). Dans le même temps, la vigne gagne peu à peu vers les hautes latitudes. Ceux que l'on pourrait appeler "les vins du septentrion" (Pérard et Madelin, 2008) sont maintenant produits dans plusieurs provinces du Canada (Ontario, Québec, Vancouver), dans des états au nord des USA ou encore au sud de la Suède, et ce glissement progressif en direction des pôles s'observe d'année en année.

Extension sans doute la plus importante et la moins attendue, celle des vignobles vers la zone intertropicale : certes, la vigne avait été acclimatée très tôt dans les régions tropicales à

tendance aride, comme au Pérou, dès l'arrivée des conquérants espagnols. Mais son implantation dans un environnement tropical humide voire hyperhumide, souvent avec une réussite commerciale avérée (Inde, Thaïlande, Indonésie, Birmanie, Tahiti, Brésil) est récente et elle constitue une tendance forte de la géoviticulture actuelle. Parmi les pays de mousson qui ont récemment développé leur vignoble figure le Vietnam, dont le gouvernement encourage fortement, depuis quelques années, la filière vin.

Cette politique volontariste de l'État a deux fondements. L'un de santé publique : il s'agit de favoriser la consommation de vin au détriment de celle des alcools traditionnels, souvent distillés à la ferme, de qualité douteuse et nocifs ; on veut, en même temps, stimuler le secteur de l'agroalimentaire et le développement économique de certaines provinces agricoles pauvres, notamment en y attirant "des industriels du vin" comme on les appelle à Hanoï. Ces derniers, jusqu'ici plutôt implantés au nord du pays, produisent depuis l'indépendance des "vins de fruits", nommés *vang*, boissons fermentées issues de litchis, abricots, fraises, cerises, raisin, etc. Ajoutons que le développement de la filière vitivinicole peut aussi bénéficier de la demande croissante d'une nouvelle classe moyenne (Do *et al.*, 2007) qui trouve dans la consommation du vin des repères culturels, sanitaires, de sociabilité et d'identité. Cette consommation est encore faible (de 0,23 l/personne/an) mais elle progresse de 5 à 10% par an suivant les régions. Jusqu'ici, cette nouvelle demande a surtout stimulé le marché des vins d'importation et des "vins de fruits", un marché favorisé aussi par plusieurs baisses des taxes sur les alcools. Actuellement le Vietnam, tous types de "vins" confondus, ne produit qu'environ 15 millions de litres par an. Les enjeux du développement de la viticulture et de la production vinicole sont, à ces titres, très importants.

L'objectif de cette étude est d'évaluer les potentialités du climat pour la viticulture au Vietnam, de proposer un calendrier optimal pour la conduite des travaux et la qualité des récoltes, de tenter de définir un "cahier des charges" pour l'avenir de la filière.

1. La viticulture au Vietnam : historique

Les vignobles vietnamiens sont très récents et ils n'occupent actuellement qu'une très faible surface (autour de 3000 ha), soit 300 à 400 fois moins que chacun des principaux pays producteurs de vins (Espagne, Italie et France). Pourtant, vers la fin du 19^{ème} siècle, la colonisation française avait développé des plantations de vigne dans la région montagneuse de Ba Vi, près d'Hanoï, avec une production de vin consommée sur place. Depuis, des vignes en treille donnant de petites baies acides sont restées omniprésentes près des habitations, prisées pour la décoration et l'ombrage (Quang Quyen *et al.*, 2001).

C'est seulement dans les années 80 que furent réalisées les premières plantations de vigne à des fins commerciales dans plusieurs régions du pays, initialement pour le raisin de table et les jus de fruit, à partir du cépage Cardinal. Très vite, les conditions climatiques particulièrement difficiles pour la plante liane, surtout dans les plaines – abondance des pluies de mousson, constance de la chaleur et de l'humidité, insuffisance de l'ensoleillement – reléguèrent la quasi totalité du vignoble dans la région de Da Lat, essentiellement dans la province du Binh Thuan (9% de la surface plantée au Vietnam) et surtout dans la province du Ninh Thuan (90% de la surface). Le reste est constitué par quelques minuscules vignobles, maintenus plutôt à titre expérimental et en réduction graduelle, dans certaines provinces du nord, en particulier celle de Ha Tay et celle de Vinh Phuc, occupant à elles deux moins de 30 ha plantés (Quang Quyen *et al.*, 2001). Partout domine encore une viticulture orientée vers le raisin de table. Toutefois, avec le développement dans les années récentes d'une véritable filière "vin", la production de raisin de cuve augmente rapidement, surtout dans la province du Ninh Thuan qui servira ici de référence. Le climat de la région est traité à partir des données

de Nha Ho sur la période 1979-1998, station de faible altitude (27 m), située non loin de Phan Rang (11°56'N, 109°E), capitale de la province.

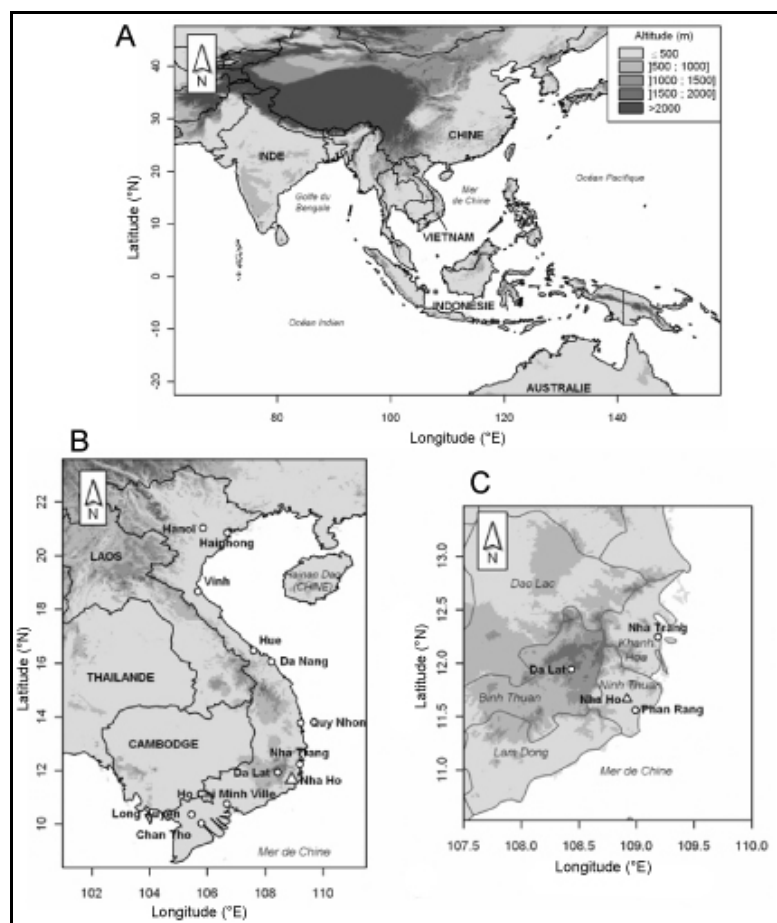
2. Climat et potentialités viticoles : l'exemple de la province du Ninh Thuan

2.1. Les conditions de la viticulture

2.1.1. Présentation du Ninh Thuan

Le Ninh Thuan constitue l'une des 9 provinces du sud-est du Vietnam. Située en bordure de la Mer de Chine (figure 1), elle est occupée en majorité par la plaine deltaïque de la rivière Dinh, originaire du plateau de Lam Vieh. Le Nord, le Sud, et surtout l'Ouest de la province sont beaucoup plus élevés.

Figure 1 : Situation géographique du Vietnam (A), relief et principales villes du Vietnam (B) et région du Ninh Thuan (C). La station climatique de Nha Ho est indiquée par un triangle blanc. Les noms des pays sont inscrits en lettres capitales, ceux des provinces et des masses d'eau en italique. *Geographic positioning of Vietnam (A), elevation and major cities of Vietnam (B) and the Ninh Thuan region (C). The white triangle indicates the Nha Ho weather station. Country names are written in uppercase, province and water bodies names are written in italic.*

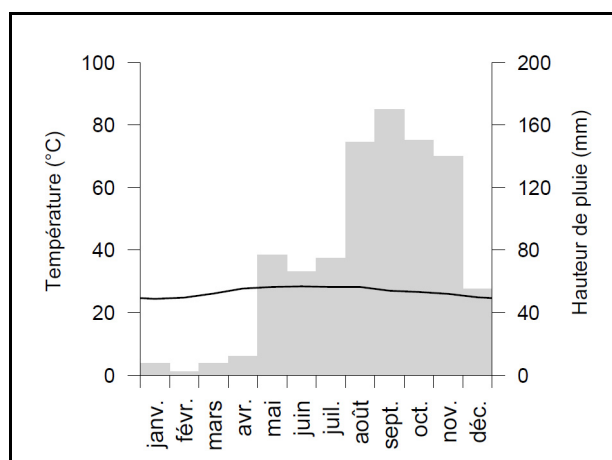


Il s'agit de la terminaison des hautes terres centrales proches de Da Lat, des plateaux tabulaires découpés en gradins, inclinés NW-SE, surmontés de crêtes dépassant 2000 m (Pham Dinh, 1976) : plateau de Lam Vieh (ou de Da Lat), vers 1500 m ; plateaux de Don Duong et Lien Khuong, entre 1000 et 1200 m, plateaux de Bao Loc et de Di Linh, autour de 800 m. Cette région montagneuse entre en contact avec les basses terres du Ninh Thuan par des escarpements de fort commandement, de l'ordre de 300 m. Les reliefs relativement proches (Da Lat est à une centaine de kilomètres de Phan Rang) constitués de roches de type granitique, avec épanchements de basalte au sud, conditionnent de manière sensible le climat et les sols de la région viticole.

Comme dans l'ensemble du Vietnam, le climat est ici de type tropical humide. Il est constamment chaud : à Nha Ho, par exemple (figure 2), la moyenne thermique annuelle est de

27,2°C, avec un maximum en juin (28,4°C) et un minimum en janvier (24,4°C). Le régime pluviométrique est assez conforme à celui des hautes terres voisines, de Da Lat par exemple, avec une saison sèche centrée sur l'hiver (minimum de 0,8 mm en mars) et une saison des pluies de fin d'été et d'automne (maximum de 170 mm en septembre).

Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la station de Nha Ho (11°40'N ; 108°58'E) calculé sur la période 1979-1998. *Ombrothermic diagram of the Nha Ho weather station (11°40'N ; 108°58'E) – 1979-98 average.*



L'originalité climatique de la province – et c'est sans doute la raison de son choix pour implanter un vignoble – réside dans la faiblesse relative de ses précipitations : ainsi, Nha Ho, pourtant placée à faible distance du littoral, ne totalise en moyenne que 771 mm/an, contre plus de 1800 mm sur le plateau de Da Lat et plus de 2500 mm sur celui de Bao Loc.

La saison sèche, marquée, dure de janvier à avril, quand souffle la mousson d'hiver, de NE, relayée ensuite par l'alizé du Pacifique nord, d'E ou SE. La masse d'air associée à ces deux flux, subsidente à l'origine, se charge d'humidité sur la mer de Chine et apporte des pluies substantielles sur les versants « au vent » des hautes terres mais pas sur le Ninh Thuan, en position d'abri par rapport aux reliefs (figure 1C). En début de saison sèche, jusqu'en février, des accélérations de la mousson de NE, en relation avec le renforcement périodique des hautes pressions asiatiques, interviennent (Pérard, 1984). Elles provoquent sur la région des "poussées froides" (*cold surges*), plus sensibles sur les hauts plateaux que sur la plaine littorale de Phan Rang soumise à l'influence de la mer. À ce moment, on enregistre néanmoins les plus basses températures saisonnières au Ninh Thuan, avec, durant les nuits claires et sèches, des minima absolus bien inférieurs à 20°C (moyenne des minima de 16,3°C en janvier).

La saison pluvieuse commence en mai, précédée par de nombreux orages orographiques dès avril. Du fait des écrans montagneux, les pluies de la mousson d'été sont, là encore, atténuées par rapport aux forts abats des plateaux intérieurs (moins de 100 mm/mois entre mai et août à Nha Ho). Le maximum pluvieux est reporté sur la fin de l'été et sur l'automne. À cette période, des perturbations, parfois de force 'tempête tropicale' ou 'typhon', circulent E-W sur la Mer de Chine, intensifiant dans le même temps le flux de mousson et les averses. Ouverte sur la Mer de Chine, la province subit l'impact direct de certaines de ces perturbations violentes. Et même celles qui touchent le Vietnam plus au nord, ou celles dont la trajectoire se recourbe avant d'atteindre le pays, apportent des pluies abondantes et durables provoquant, certaines années, des inondations près du littoral et des glissements de terrain sur les pentes des reliefs. Le nombre et l'intensité de ces perturbations varient d'une année à l'autre avec, à la clé, une variabilité interannuelle marquée des précipitations. En août 2008, par exemple, la tempête tropicale Kammuri, neuvième cyclone de la saison, a causé de graves inondations avec des dégâts importants et des morts dans tout le bassin du Mékong (Pham Xuan, 2008), jusqu'au Ninh Thuan.

Ainsi, la position de la province, protégée à l'ouest, au nord et au sud par des hautes terres, marque fortement son climat. Sa situation d'abri, avec des effets de föhn fréquents, explique les fortes valeurs de l'insolation (plus de 210 h/mois) ainsi que l'humidité relative limitée (moins de 75%) enregistrées pendant la période entre janvier et avril, de même qu'elle rend compte de la modicité du total pluvieux annuel de la région. Ces conditions régionales ont permis le développement du vignoble dans un contexte climatique pourtant a priori peu favorable.

2.1.2 La viticulture

La production reste encore largement orientée vers le raisin de table issu du Cardinal (plus de 99% des variétés) mais, récemment, le cépage Syrah a été introduit pour le raisin de cuve. Les vignes sont conduites sur treilles, façonnées en pergolas afin de protéger le raisin de l'humidité du sol et des excès d'insolation, et de faciliter la récolte manuelle. Toute la production est issue de très petites propriétés paysannes familiales (de 0,1 à 0,4 ha en majorité) où les parcelles viticoles jouxtent d'autres cultures traditionnelles. Les petits producteurs vendent au poids leur raisin aux industriels vinificateurs de Da Lat et d'Hanoï, privilégiant le rendement (30 t/ha/an) à la qualité.

La constance de la chaleur permet ici 2 à 3 récoltes par an suivant les années, avec un cycle végétatif de 85 à 95 jours. Après chaque vendange et un repos de 25 à 30 jours, les exploitants effectuent la taille et un nouveau cycle s'amorce (Quang Quyen *et al.*, 2001). Toutefois, à ce rythme, les vignes ont une longévité réduite (une dizaine d'années au maximum) et les sols, le plus souvent de type podzolique ou latosol, sont dégradés par des excès d'engrais. Les deux meilleures vendanges, avec irrigation des vignes pendant la saison sèche, ont lieu au printemps (taille en décembre-janvier) et en été (taille en avril-mai) ; en année favorable, une troisième est réalisée en fin d'automne-début d'hiver (taille en septembre-octobre). Mais cette dernière vendange est beaucoup plus problématique en rendement (la moitié de celui des autres récoltes) et en qualité, du fait de la forte pluviosité de la période, peu favorable à la floraison et propice à des affections diverses de la vigne.

D'une manière générale, le climat favorise les attaques des maladies cryptogamiques (mildiou par exemple) et les ravageurs, particulièrement efficaces du fait d'une certaine dégénérescence de la variété Cardinal utilisée. En conséquence, les sols viticoles, qui reçoivent en grande quantité des fongicides et des pesticides, sont généralement pollués. Les producteurs ne sont d'ailleurs pas systématiquement formés à l'utilisation de ces produits chimiques, sélectionnés par le Centre de Recherche sur le Coton, en charge des vignobles vietnamiens (Quang Quyen *et al.*, 2001).

L'enjeu économique et social du développement de la vigne au Ninh Thuan, l'une des provinces très pauvres du Vietnam, justifie de rechercher comment optimiser les potentialités climatiques de la région pour la production de raisin de cuve.

2.2. Mise en évidence du climat viticole

Nous avons tenté de situer le vignoble du Ninh Thuan dans la trame des climats géoviticoles mise en forme par Jorge Tonietto de l'EMBRAPA du Brésil (Tonietto, 1999), établie à partir du système CCM – Classification Climatique Multicritères (Tonietto et Carbonneau, 2004 ; Tonietto et Teixeira, 2004 ; Tonietto et Teixeira, 2007). Cette classification s'appuie sur 3 indices qui traduisent le potentiel climatique d'une région pour la production de raisin de cuve. La méthodologie relative à ce système de classification, initialement conçu pour les moyennes latitudes, est ci-après développée, avant de préciser la

manière dont a été pratiquée une nécessaire adaptation de ce système aux basses latitudes, où la durée cycle biologique de la vigne est considérablement réduite.

2.2.1. Le système de Classification Climatique Multicritères (CCM) géoviticole

Trois indices sont donc déterminés (tableau 1) :

a) l'indice héliothermique d'Huglin, IH (Huglin, 1978)

Cet indice a pour but initial de prévoir la date de maturation d'un cépage en fonction des conditions climatiques. Pour Huglin (1978), les températures moyennes ne peuvent à elles seules rendre compte de l'activité photosynthétique de la plante. Cette dernière étant très active durant l'après midi, il faut attribuer une plus grande importance aux maxima journaliers.

Le calcul d'IH, exprimé en degrés.jour (°C.J), est réalisé à partir de la moyenne des températures supérieures à 10°C, considérant les températures moyennes (T_m) et maximales (T_x) pendant une durée de 6 mois correspondant à la période végétative (du débourrement à la récolte) aux moyennes latitudes (du 1^{er} avril au 30 septembre dans l'hémisphère nord, et du 1^{er} octobre au 31 mars dans l'hémisphère sud). L'indice héliothermique IH s'écrit :

$$IH = \sum_{01.04}^{30.09} \left[\frac{(T_{m_m} - 10) + (T_{x_m} - 10)}{2} \times K \times N_{j_m} \right] \quad \text{avec} \begin{cases} T_m - 10 = 0 \text{ si } T_m < 10 \\ T_x - 10 = 0 \text{ si } T_x < 10 \end{cases}$$

où T_{m_m} et T_{x_m} sont respectivement les températures moyenne et maximale de l'air (°C) sur des périodes mensuelles ; K est le coefficient de longueur du jour, variant de 1,02 à 1,06 entre 40 et 50° de latitude (par exemple : de 48°1 à 50°0, $K=1,06$) ; N_{j_m} est le nombre de jours du mois.

b) l'indice de fraîcheur des nuits ou indice nycthermique, IF (°C)

Cet indice met en relief l'effet positif des nuits fraîches sur la coloration et les arômes du raisin (Mori *et al.*, 2005). Il s'agit de la moyenne des minima thermiques du mois qui précède la récolte. Dans l'hémisphère nord (*sud*), IF est égal à la température minimale moyenne de l'air du mois de septembre (*mars*).

c) l'indice de sécheresse, IS (mm)

Calculé à partir du bilan hydrique potentiel de Riou (Riou *et al.*, 1994), il permet de caractériser les disponibilités en eau du climat et du sol (excédent ou déficit hydrique). La disponibilité en eau détermine le régime hydrique de la vigne, facteur essentiel de la qualité du raisin de cuve, notamment pour l'élaboration des vins rouges (tannins, couleur et sucre des raisins). Cet indice intègre comme variables les précipitations et l'évapotranspiration potentielle, si possible déterminée par la méthode de Penman. IS est obtenu en calculant le bilan hydrique de Riou au pas de temps mensuel selon la formule :

$$W_m = W_{m-1} + P - TV - ES$$

où W_m est la réserve hydrique du sol à la fin du mois considéré ; W_{m-1} la réserve hydrique du sol en fin de mois précédent ; P la hauteur de pluie ; TV la transpiration de la vigne ; ES l'évaporation directe à partir du sol. Toutes ces grandeurs sont données en millimètres.

Pour estimer l'eau du sol cédée par le vignoble à l'atmosphère, on partitionne l'évapotranspiration potentielle (ET_0) en transpiration de la vigne (TV) et en évaporation du sol (ES). TV représente la quantité d'eau perdue par le feuillage de la vigne. Elle augmente donc avec la croissance de la vigne. Cette dernière est exprimée par un coefficient k , qui s'accroît au cours de la saison viticole (k varie de 0 à 0,5).

Indice	Unité	Intervalle	Code classe	Nom classe	Exemples (1961 - 1990)
Indice Héliothermique d'Huglin (IH)	degrés.jour s (°C.J)	< 1500	-3	Très frais	Vancouver (Canada, BC)
		] 1500 ; 1800]	-2	Frais	Geisenheim (Allemagne)
		] 1800 ; 2100]	-1	Tempéré	Bordeaux (France)
		] 2100 ; 2400]	+1	Tempéré chaud	Nîmes (France)
		] 2400 ; 3000]	+2	Chaud	Malaga (Espagne)
		> 3000	+3	Très chaud	Vallès de Fantamina (Argentine)
Indice de Fraîcheur des Nuits (IF)	°C	< 12	+2	Nuits très Fraîches	Genève (Suisse)
		] 12 ; 14]	+1	Nuits fraîches	Rioja (Espagne)
		] 14 ; 18]	-1	Nuits tempérées	Cape Town (Afrique du Sud)
		> 18	-2	Nuits chaudes	Malaga (Espagne)
Indice de sécheresse (IS)	mm	< -100	+2	Sécheresse forte	Lisbonne (Portugal)
		] -100 ; 50]	+1	Sécheresse modérée	Summerland (Canada, BC)
		] 50 ; 150]	-1	Sub-humide	Bordeaux (France)
		> 150	-2	Humide	Geisenheim (Allemagne)

Tableau 1 : Le système de Classification Climatique Multicritères (CCM) géoviticole. Les exemples correspondent à la classification consultable sur le site brésilien de l'EMBRAPA (<http://www.cnpv.embrapa.br/tecnologias/ccm/ccm.fr.html>), à l'exception des sites de Bordeaux et Nîmes dont la classification a été réalisée à partir des données Météo-France, sur la même période. *The multicriteria climatic classification system (CCM) for grape-growing regions worldwide. All the examples shown are available on the EMBRAPA website (<http://www.cnpv.embrapa.br/tecnologias/ccm/ccm.fr.html>), except for the sites of Bordeaux and Nîmes (France), which classification was established using Météo-France data, for the same period (1961-1990).*

Pour chaque mois : $TV = ET_0 \times k$, alors que $ES = ET_0 \times (1-k) \times JP_m / Nj_m$

où JP_m est le nombre de jour dans le mois avec l'évaporation du sol effective : $JP_m = P/5$; $JP_m \leq$ nombre de jours du mois et Nj_m le nombre de jours du mois.

W_m est calculé pour chacun des 6 mois durant la période de croissance végétative et de maturation, c'est-à-dire du 1^{er} avril au 30 septembre dans l'hémisphère nord et du 1^{er} octobre au 31 mars (dans l'hémisphère sud). W_m ne peut excéder la réserve utile du sol W_0 . Afin de n'intégrer que la part climatique du bilan hydrique, on considère pour toutes les localisations une réserve utile moyenne de 200 mm, d'où $W_m \leq 200$ mm.

IS correspond à W_m en fin de cycle (c'est-à-dire au 30 septembre dans l'hémisphère nord et au 31 mars dans l'hémisphère sud).

Ayant déterminé la valeur des 3 indices pour le plus grand nombre de stations météorologiques situées près ou dans des régions viticoles de chaque hémisphère, Tonietto (1999) propose une classification (tableau 1). On peut ainsi distinguer des climats viticoles allant de très frais (IH < 1500°C.J) à très chaud (IH > 3000°C.J) ; des climats à nuits très fraîches (IF < 12°C) ou à nuits chaudes (IF > 18°C) ; des climats oscillant de la forte sécheresse (IS < -100 mm) au type humide (IS > 150 mm). Ceci permet d'identifier l'appartenance des régions à telle ou telle classe et de définir des groupes climatiques rassemblant des régions de climats viticoles semblables, parfois éloignés géographiquement (figure 3, tableau 2). Par exemple, le vignoble vaudois, près de Genève (CHge) et celui du Rheingau (Hesse), en Allemagne (Station de Geisenheim, DEge) relèvent du même groupe.

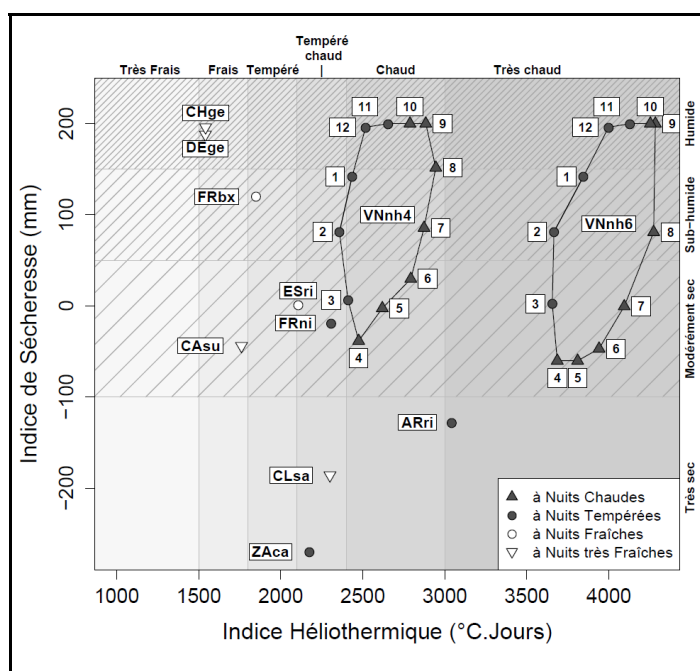
2.2.2. Application de la CCM géoviticole aux basses latitudes

Sous climats tropicaux et équatoriaux, l'excès de chaleur et la faible variabilité annuelle de la période diurne permettent la culture de la vigne et la récolte de raisin tout au long de

l'année. Dans ce contexte, les indices de la CCM sont calculés pour chaque mois de l'année, sur une période glissante.

En raison des températures généralement élevées en climat tropical, la saison végétative de la vigne, depuis le débourrement jusqu'à la récolte, est considérablement raccourcie. Alors qu'elle s'étend en principe sur 6 mois aux hautes latitudes, cette dernière ne dure que 3 à 5 mois aux basses latitudes (Bammi et Randhawa, 1968). Il est alors plus pertinent de calculer les indices IH et IS sur une période de 4 mois en région tropicale (Tonietto et Teixeira, 2007).

Figure 3 : Positionnement de Nha Ho (Vietnam) dans la Classification Climatique Multicritères (CCM) géoviticole de quelques villes du monde localisées en milieu viticole. VNnh4 : CCM sur 4 mois ; VNnh6 : CCM sur 6 mois. Les nombres de 1 à 12 indiquent les mois de récolte à Nha Ho. Les acronymes portés sur le graphique indiquent les localités détaillées dans le tableau 2. *The position of Nha Ho (Vietnam) within the Multicriteria climatic classification (MCC) of grape-growing regions worldwide of some cities located in winegrowing regions. VNnh4: CCM on a 4 month period; VNnh6: CCM on a 6 month period. The figures from 1 to 12 indicate the harvest month, in Nha Ho See table 2 for details concerning locations identified by the acronyms.*



Pays	Région	Code	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période
<i>Afrique du Sud</i>	<i>Cape Town</i>	ZAca	33°59'S	18°36'E	42	1961-1990
<i>Allemagne</i>	<i>Geiseinheim</i>	DEge	49°59'N	7°57'E	118	1961-1990
<i>Argentine</i>	<i>La Rioja, Valles de Famatina</i>	ARri	28°59'S	66°29'O	1146	1961-1990
<i>Brésil</i>	<i>Petrolina, Vale do São Francisco</i>	BRpe	9°09'S	40°22'O	366	1969-1993
<i>Canada</i>	<i>Summerland</i>	CAsu	49°34'N	119°39'O	454	1961-1990
<i>Chili</i>	<i>Santiago</i>	CLsa	33°26'S	70°41'O	520	1961-1990
<i>Espagne</i>	<i>Rioja</i>	ESri	42°27'N	2°20'O	352	1961-1990
<i>France</i>	<i>Bordeaux</i>	FRbx	44°49'N	0°41'O	44	1961-1990
	<i>Nîmes</i>	FRni	43°51'N	4°24'E	59	1961-1990
<i>Suisse</i>	<i>Genève</i>	CHge	46°15'N	6°08'E	420	1961-1990
<i>Vietnam</i>	<i>Nha Ho, Ninh Thuan (4 mois)</i>	VNnh4	11°40'N	108°58'E	27	1979 - 1998
	<i>Nha Ho, Ninh Thuan (6 mois)</i>	VNnh6	11°40'N	108°58'E	27	1979 - 1998

Tableau 2 : Liste des sites comparés dans la figure 3. La classification climatique multicritères de ces sites est consultable sur le site de l'EMBRAPA (<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/ccm/ccm.fr.html>), à l'exception des sites de Bordeaux et Nîmes (FRbx et FRni), calculés à partir des données Météo-France et de Nha Ho (VNnh) issues de Quang Quyen *et al.* (2001). *List of the sites compared in figure 3. The multicriteria climatic classification relative to these locations can be accessed to ont the EMBRAPA website (<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/ccm/ccm.fr.html>), except for Nîmes, Bordeaux (FRbx et FRni), calculated using Météo-France data, and Nha Ho (VNnh) calculated using data from Quang Quyen *et al.* (2001).*

2.3. Quelle place pour le vignoble du Ninh Thuan ?

A partir des données climatiques de la station de Nha Ho, les trois indices IH, IF, IS ont été déterminés pour des périodes glissantes de 4 et 6 mois (figure 3). Pour le calcul de l'indice IH, qui intègre un coefficient de durée du jour K, nous avons retenu par extrapolation K = 1 (comme Tonietto pour les vignobles tropicaux). Par ailleurs, pour obtenir IS, n'ayant pas à disposition les données de vitesse de vent et d'humidité relative de la station de Nha Ho, la formule de Turc (1961), basée sur la température de l'air et le rayonnement global, a été utilisée pour estimer l'évapotranspiration potentielle. Le rayonnement dérive de la transformation de la durée d'insolation par la formule de Black (cité par Turc, 1961). La formule de Turc, adaptée aux régions humides, fournit des erreurs moyennes quadratiques (RMSE) d'estimation inférieures à 20% (Jensen *et al.*, 1990 ; Bois *et al.*, 2008).

Pour une classification sur 6 mois, les indices héliothermiques sont supérieurs à 3500°C.J (figure 3), alors que les cépages (variétés) les plus tardifs n'ont besoin que de 2300°C.J pour atteindre la maturité (Huglin, 1978). Cela est cohérent avec la durée du cycle beaucoup plus courte observée au Vietnam à l'image d'autres régions tropicales, comme l'Inde (Bammi et Randhawa, 1968).

Sur un cycle de 4 mois, sept climats géoviticoles sont identifiés à Nha Ho (tableau 3 et figure 3). Cette région affiche encore des indices héliothermiques élevés (de 2358 à 2945°C.J). Selon le mois de récolte, le régime hydrique de la vigne est considérablement modifié : une récolte en avril fera évoluer la vigne sous des conditions hydriques déficitaires (IS de -39 mm, correspondant à un climat géoviticole "modérément sec") alors qu'une récolte en fin de saison de mousson (septembre à décembre) terminerait un cycle sous conditions climatiques très humides (IS maximal, de 200 mm, soit un climat géoviticole "humide").

Mois de vendanges	Valeur des indices			Classe			Type de climat géoviticole	Vignoble à climat géoviticole similaire
	IH	IS	IFN	IH	IS	IFN		
Janvier	2435	142	16,3	2	-1	-1	Chaud sub-humide à nuits tempérées	Brésil, Rio Grande do Sul , Campanha Setentrional (30°23'S ; 56°26'O)
Février	2358	81	17,3	1	-1	-1	Tempéré chaud sub-humide à nuits tempérées	Uruguay, Florida, Las Braxas (34°04'S ; 56°04'O)
Mars	2411	6	18,0	2	1	-1	Chaud modérément sec à nuits tempérées	Espagne, Murcia (37°57'N ; 1°14'O)
Avril	2475	-39	20,4					
Mai	2619	-3	19,9	2	1	-2	Chaud modérément sec à nuits chaudes	-
Juin	2793	30	22,2					
Juillet	2874	86	21,9	2	-1	-2	Chaud sub-humide à nuits chaudes	-
Août	2945	152	21,2					
Septembre	2884	200	20,8	2	-2	-2	Chaud humide à nuits chaudes	-
Octobre	2788	200	19,3					
Novembre	2654	200	17,7					
Décembre	2518	196	16,4	2	-2	-1	Chaud humide à nuits tempérées	-

Tableau 3 : Classification Climatique Multicritère géoviticole de la station de Nha Ho (11°40'N ; 108°58'E) établie pour une période de 4 mois, en fonction du mois de récolte. *The multicriteria climatic classification system (CCM) of the Nha Ho weather station (11°40'N ; 108°58'E), established for a 4 months period, depending on the harvest month.*

La fraîcheur des nuits durant le mois de récolte évolue également de manière sensible (figure 4A) : l'amplitude annuelle des minima thermiques mensuels est de 5,9°C (de 16,3°C en janvier à 22,2°C en juin). Ainsi, selon la saison, la région de Nha Ho présente deux classes d'indice de fraîcheur des nuits : un climat géoviticole à nuits tempérées de novembre à mars et un climat géoviticole à nuits chaudes d'avril à mai.

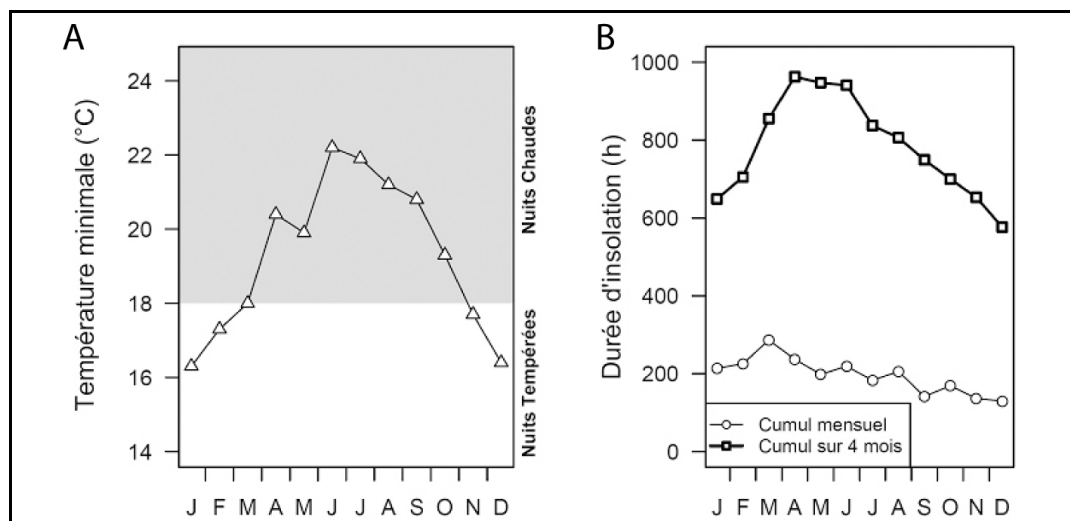


Figure 4 : Moyennes mensuelles des minima thermiques (Indices de fraîcheur des nuits, A), et cumuls d'insolation mensuels (B), pour la station de Nha Ho (11°40'N ; 108°58'E). Les cumuls d'insolation à la récolte, sur des périodes glissantes de 4 mois correspondent à la durée totale d'insolation du mois porté sur le graphique à laquelle s'ajoute celle des 3 mois précédents. *Monthly average minimum temperatures (Cool night indices, A), and monthly total sunshine duration (B), at the Nha Ho weather station (11°40'N ; 108°58'E). Total sunshine duration, from budburst to harvest, corresponds to the monthly total sunshine duration of the month to which the sum of the sunshine duration of the 3 previous months is summed.*

Dans de telles conditions climatiques, marquées par des températures élevées, la production de raisin à fort potentiel œnologique (c'est-à-dire apte à produire du vin de qualité) requiert tout d'abord les nuits les plus fraîches possibles, permettant la production de raisin aromatiques et colorés dans l'optique d'une production de vins rouges. Les minima thermiques les plus bas à Nha Ho sont observés de novembre et mars (figure 4A). Par ailleurs, afin de favoriser la production des composés du raisin d'intérêt œnologique (sucres, acides, composés colorants et tanins), ainsi que leur concentration dans les baies, mais aussi pour limiter le développement de maladies de la vigne, il est nécessaire d'éviter un excès d'humidité durant la période de développement de la vigne et de maturation du raisin.

Une récolte positionnée en mars semble répondre au mieux à ces exigences. Elle correspondrait à un climat géoviticole chaud et modérément sec, à nuits tempérées. Les conditions climatiques durant cette période apparaissent par ailleurs proches de celles observées à Murcie, dans le sud-est de l'Espagne, si l'on s'en réfère à la classification géoviticole de Tonietto (tableau 3). Certes, les cumuls de températures y sont moins élevés (puisque dans cette région, IH est calculé sur 6 mois, contre 4 seulement à Nha Ho), mais, durant cette période, les conditions hydriques et les minima thermiques en période de récolte sont proches de celles de Nha Ho. Le mois de mars, avec 287 heures d'insolation cumulée (figure 4B), apparaît également comme le plus favorable à la maturation du raisin (en réduisant notamment les risques de pourriture) et au bon déroulement des vendanges.

A une récolte qualitative au mois de mars succéderait un second cycle végétatif beaucoup plus délicat à gérer, avec une seconde récolte en période de mousson. Dans l'idéal, cette seconde récolte devrait avoir lieu en début de période de mousson, fin juillet à début août.

Cela permettrait de limiter les risques de développement de maladies cryptogamiques, telles que le mildiou, et de permettre une maturation du raisin dans des conditions encore relativement peu humides. Les produits de cette deuxième récolte seraient néanmoins certainement moins qualitatifs : les excès de pluie, d'humidité et de chaleur durant la période de maturation du raisin, sont à la fois favorables au développement de pourriture grise, contraignant le choix d'une date de récolte du raisin à maturité, et limitent le potentiel aromatique et l'acidité des baies. Pour autant, une valorisation économique en vins légers ou en *vang* ("vins de fruits") est envisageable, dans la perspective d'optimisation de l'exploitation du vignoble.

Une troisième récolte éventuelle (lors des millésimes où les deux premières "saisons" culturales sont substantiellement raccourcies par un début d'année particulièrement chaud) paraît à la fois ambitieuse et peu souhaitable : la culture de la vigne en conditions de forte pluie s'expose à une production de raisin réduite du fait d'une mauvaise fécondation et de dégâts induits par les parasites (Quang Quyen *et al.*, 2001). En outre, l'insolation cumulée durant cette saison viticole y serait fortement réduite (moins de 600 heures cumulées entre les mois de septembre et décembre, figure 4B).

Notons toutefois que même durant la période de culture jugée optimale, de décembre à mars, la chaleur constitue un facteur limitant la diversité des vins produits. Les valeurs élevées d'indice héliothermique suggèrent l'emploi de cépages tardifs, tels que le Primitivo, le Carignan ou encore le Grenache, variétés originaires du sud de l'Europe, et adaptés aux climats chauds. Avec des nuits tempérées à chaudes, en période de maturation, la typicité des produits recherchée devrait probablement privilégier le fruit mûr et la rondeur, davantage que la finesse aromatique et la fraîcheur. En tout état de cause et dans la perspective d'une augmentation de la température annuelle de 0,5 à 1°C dans les 30 prochaines années au Vietnam (GIEC, 2007), l'implantation de vignobles en altitude, sur les versants des hauts plateaux abritant la région de Nha Ho, serait préférable, dans l'hypothèse où la pluviométrie reste suffisamment limitée. Une telle situation serait également cohérente pour éviter d'implanter la vigne sur des sols halomorphes, fréquents dans le bassin côtier du Ninh Thuan.

Conclusion

Ces premiers résultats très partiels, obtenus à partir d'une seule station, doivent être interprétés avec prudence et il est nécessaire de les valider en particulier par des études à des échelles spatiales et temporelles plus fines. Il conviendrait, en particulier, de préciser l'impact de la variabilité interannuelle du système de mousson, des perturbations tropicales et des précipitations sur le développement de la vigne et la maturation du raisin. Toutefois, cette première approche des climats viticoles du Ninh Thuan permet de souligner les points suivants :

- Les conditions héliothermiques sont ici, du fait du climat d'abri de la région, favorables à un cycle végétatif court pour la vigne, un avantage que doivent exploiter les modes de conduite.
- Compte tenu de l'excès d'humidité pendant la saison de mousson, il conviendrait, si l'on veut privilégier la qualité pour des raisins de cuve, de ne garder que les deux récoltes les plus favorables à la qualité des vendanges. En tout état de cause, le calendrier cultural doit être modifié pour une meilleure adéquation au rythme climatique saisonnier. L'étude du climat viticole montre que, sauf en début de saison sèche, les températures nocturnes restent constamment élevées du fait de l'hygrométrie importante. Ce manque de fraîcheur est, a priori, défavorable à la finesse aromatique et à la coloration des vins. Dans ces conditions, on pourrait par exemple privilégier la production de raisins en surmaturation,

aux arômes "confiturés", au moins pour la récolte de saison sèche. Les produits de la seconde récolte, en conditions climatiques moins favorables, pourraient être valorisés soit en raisin de table si le cépage le permet, soit en vins plus légers, soit même en "vins" de fruits.

- En l'état, l'étude du climat viticole du Ninh Thuan, qui révèle de réelles potentialités pour la production de raisins de cuve, doit être affinée à l'échelle décadaire et il faudrait, conjointement, réaliser des essais répétés de cépages tardifs, tels que par exemple le Carignan (vins rouges) ou des muscats (vins blancs) pour un calage optimum entre le cycle végétatif et l'évolution climatique saisonnière, et pratiquer conjointement des tests sur leur résistance aux maladies et aux ravageurs.

Ajoutons que la production de vins de qualité doit passer par d'autres exigences : il faut que les industriels du vin exercent un contrôle plus stricte sur la qualité des raisins produits par les petits agriculteurs à qui ils achètent les récoltes ; la qualité du vin se définit d'abord par celle des vendanges. Les techniques actuelles de vinification demandent aussi des améliorations, notamment dans le choix des levures utilisées et le contrôle de la fermentation malolactique. Enfin, l'éloignement géographique du Ninh Thuan et des vignobles en général par rapport aux zones de vinification et de commercialisation situées principalement au nord du pays constitue un handicap majeur pour la qualité des vins, sans compter le surcoût lié au transport de la matière première. Les industriels vinificateurs auraient donc avantage à s'implanter au plus près des vignobles.

Bibliographie

BAMMI R. K. et RANDHAWA G. S., 1968 : Viticulture in the tropical regions of India. *Vitis*, **7**, 124-129.

BOIS B., PIERI, P., VAN LEEUWEN C., WALD L., HUARD F., GAUDILLERE J. P. et SAUR E., 2008 : Using remotely sensed solar radiation data for reference evapotranspiration estimation at a daily time step. *Agricultural and Forest Meteorology*, **148**, 619-630.

DO V.B., PATRIS B. et VALENTIN D., 2007 : Using group focus to study the representation of wine in Vietnam. In : *SPISE 2007*, Ho Chi Minh (Vietnam), 30-42.

GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.

HUGLIN P., 1978 : Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes Rendus de l'Académie de l'Agriculture de France*, **64**, 1117-1126.

JENSEN M. E., BURMAN R. D. et ALLEN R. G., 1990 : *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. ASCE, New York, 360 pages.

JONES G.V., 2006 : Climate and terroirs: Impacts of climate variability and change on win. In : Fine wine and terroir. The Geoscience Perspective, Macqueen, R.W., and Meinert, L.D., (eds.), Geoscience Canada Reprint Series Number 9, Geological Association of Canada, St John's Newfoundland, 247 pages.

MORI K., SAITO H., GOTO-YAMAMOTO N., KOBAYASHI S., KITAYAMA M., SUGAYA S., GEMMA H. et HASHIZUME K., 2005 : Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in pinot noir grapes. *Vitis*, **44**, 161-165.

PÉRARD J., 1984 : Recherche sur les climats de l'archipel malais : les Philippines. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Bourgogne, 922 pages.

- PÉRARD J. et MADELIN M., 2008 : Les vignobles de l'extrême. *In : Les Rencontres du Clos Vougeot*, Vougeot (France). Eds Oenomedia. Sous presse.
- PHAM DINH T., 1976 : Le climat de Dalat. Contribution à l'étude d'un climat d'altitude au Vietnam. *Thèse de Doctorat*, Université Louis Pasteur, 385 pages.
- PHAM XUAN T., 2008 : Étude climatique de la mousson vietnamienne et applications à la prévision saisonnière. *Thèse de Doctorat*, Université de Bourgogne, 161 pages.
- QUANG QUYEN L., XUAN LONG V. et AL E., 2001 : Grape production in Viet Nam. *In: Grape Production in the Asia-Pacific Region*. Bangkok, Thailand, 80-94.
- RIOU C., PIERI P. et CLECH B. L., 1994 : Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. *Vitis*, **33**, 109-115.
- SALOMON J.N., 2005 : Nouveaux vignobles et évolution des anciens face à la mondialisation. *Cahiers d'Outremer*, **231-232**, 16 pages.
- TONIETTO J., 1999 : Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la syrah et du muscat de Hambourg dans le Sud de la France : méthodologie et caractérisation. *Thèse de Doctorat*, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 233 pages.
- TONIETTO J. et CARBONNEAU A., 2004 : A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, **124**, 81-97.
- TONIETTO J. et TEIXEIRA A. H., 2004 : Climatic zoning of viticultural production periods over the year in the tropical zone: application of the methodology of the Geoviticulture MCC System. *In: Joint International Conference on Viticultural Zoning*, Cape Town (South Africa). Eds South Afr. Soc. for Enol. and Vit., OIV and GESCO, 193-201.
- TONIETTO J. et TEIXEIRA A. H., 2007 : O Clima Vitícola o Submédio São Francisco e o Zoneamento dos Períodos de Produção de Uvas para Elaboração de Vinhos. *In: 1º Workshop Internacional de Pesquisa. A Produção de Vinhos em Regiões Tropicais*, Recife e Petrolina (Brasil). Eds J. Tonietto, O. Laureano, V. Sotés and S. Sebben, 41-51.
- TURC L., 1961 : Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. *Annales Agronomiques*, **12**, 13-49.

