

ZONAGE CLIMATIQUE DES PERIODES VITICOLES DE PRODUCTION DANS L'ANNEE EN ZONE TROPICALE : APPLICATION DE LA METHODOLOGIE DU SYSTEME CCM GEOVITICOLE
CLIMATIC ZONING OF VITICULTURAL PRODUCTION PERIODS OVER THE YEAR IN THE TROPICAL ZONE: APPLICATION OF THE METHODOLOGY OF THE GEOVITICULTURE MCC SYSTEM

J. Tonietto¹ et A.H. de C. Teixeira²

¹ Embrapa - Centre National de Recherche de la Vigne et du Vin - Cnpuv, Rua Livramento, 515 ; 95700-000 - Bento Gonçalves, Brésil ; e-mail : tonietto@cnpuv.embrapa.br

² Embrapa - Centre de Recherche du Tropic Semi-Aride - Cpatsa ; e-mail: heriberto.teixeira@wur.nl

Remerciements - À la FINEP pour le support financier du projet de recherche.

Mots-Clés - tropical, intertropical, vin, raisin, qualité, climat avec variabilité intra-annuelle, zonage climatique, Système CCM Géoviticole.

Résumé

L'objectif de cette recherche est le zonage climatique des périodes viticoles de l'année dans la Vallée du São Francisco, région brésilienne productrice de vins située en climat tropical semi-aride. Dans cette région, la production peut être échelonnée sur tous les mois de l'année. La région est placée sur climat viticole à variabilité intra-annuelle, qui correspond aux régions qui, sur des conditions climatiques naturelles, changent de classe de climat viticole en fonction de la période de l'année au cours de laquelle le raisin peut être produit. La méthodologie adoptée est celle du Système de Classification Climatique Multicritères Géoviticole (Système CCM Géoviticole) (Tonietto & Carbonneau, 2004), en utilisant les fonctionnalités de modulation des indices (indices homologues appliqués sur la phénologie locale des cépages). Les indices climatiques viticoles du Système (thermique, nycthermique et hydrique) ont été adaptés aux conditions biologiques du cépage Syrah de la région, qui présente un cycle moyen débourrement-récolte (d-r) de 4 mois. L'étude utilise une base de données climatiques journalières de la période 1976-2002, avec la simulation de 36 récoltes théoriques par an (une récolte théorique à chaque décade), soit un totale de 972 sur l'ensemble de la période étudiée. Ainsi, l'Indice Héliothermique (IH_{12d}) à été calculé sur 4 mois tout au long de l'année. L'Indice de Fraîcheur des Nuits (IF_{3d}) a été calculé sur les 3 décades précédentes la date théorique de récolte (période de maturation). La quantité de pluie en période de maturation (P_{3d}) a également été prise en compte en fonction des effets sur l'incidence de pourriture. Les résultats ont permis de caractériser 3 périodes climatiques viticoles distincts dans l'année : Période "a" - conditions thermiques moins chaudes pendant le cycle d-r pour l'IH_{12d}, conditions nycthermiques (IF_{3d}) plus fraîches et très sec (P_{3d}) en période de maturation ; Période "b" - climat intermédiaire entre la période "a" et "c" pour l'IF_{3d} et l'IH_{12d} et sec à très sec pour P_{3d} (la période "b" peut être subdivisée en 2 sous-périodes : l'une que s'initie en sortant de la période chaude et humide "c", avec une réserve hydrique utile au niveau du sol, et évolue avec la chute des températures ; et l'autre sous-période qui débute avec l'augmentation des températures et que finie juste avant la rentrée de la période humide "c") ; Période "c" - Le plus chaud pour l'IF_{3d} et l'IH_{12d} et sub-humide pour P_{3d}. Les résultats montrent que la production de raisin de cuve pour un même cépage présente des caractéristiques potentielles distinctes en fonction des périodes de production "a", "b" et "c". D'une façon générale, la période "c" est la plus susceptible à une maturité du raisin incomplète en fonction du risque de pourriture (pluie et température élevée), qui peuvent amener à une récolte avant la complète maturation du raisin. Déjà les périodes "a" et "b" sont les plus aptes à une bonne maturation du raisin. La période "a" est celle qui présente le moindre risque de pluie et des températures les plus fraîches, avec la possibilité du contrôle total de la disponibilité hydrique du sol par l'irrigation. La probabilité d'occurrence des indices climatiques à été caractérisé par décade et par quartile comme information d'aide à la décision (risque ou avantages) des périodes de production. Des études complémentaires, notamment l'estimation de la

réserve hydrique potentielle (Indice de Sécheresse - IS) du sol seront développées. On peut conclure que le concept de climat viticole à variabilité intra-annuelle du Système CCM Géoviticole peut être utilisé comme élément de zonage pour l'établissement, dans un même vignoble, des périodes de l'année avec un potentiel climatique supérieur de production de raisin de cuve. Ce critère climatique va être utilisé dans le zonage intégré de la région, notamment avec les facteurs édaphiques.

Abstract

The objective of this research is the viticultural climatic zoning of the production periods over the year in the São Francisco Valley, a Brazilian grape-growing region located in semi-arid tropical climate. In this region, the production can be spread over all months of the year. The region is situated in climate with intra-annual variability, that corresponds to the regions which, under natural climatic conditions, change the class of viticultural climate according to the period of the year during which the grape is produced. The methodology adopted is that of the Géoviticulture Multicriteria Climatic Classification System (Géoviticulture MCC System) (Tonietto & Carbonneau, 2004), employing the modulation functions of the indices. The viticultural climatic indices of the System have been adapted to the biological conditions of the Syrah variety, which has an average cycle of 4 months from bud burst to harvest (d-r) in the region. The study is based on a daily climate database from 1976 through 2002, simulating 36 theoretic harvests per year (one theoretic harvest at every ten 10 days), amounting to a total of 972 harvests in the whole period covered by the study. In this way, the Heliothermal Index (HI_{12d}) was calculated over 4 months throughout the year. The Cool Night Index (IF_{3d}) was calculated over the 30 days that preceded the theoretic harvest (maturation period). The amount of rain (P_{3d}) in the maturation period was equally been taken into account according to the potential effect of the incidence of bunch rotting. The results have allowed to distinguish 3 climatic viticultural periods during the year: Period "a" - less warm during d-r cycle (IH_{12d}) and for night temperatures (IF_{3d}) and very dry (P_{3d}); Period "b" - intermediate climate between "a" and "c" period for IF_{3d} and IH_{12d} and dry to very dry for P_{3d} (the period "b" can be subdivided into 2 sub-periods: one which starts with the end of the warm and sub-humid period "c", with a useful water reserve of the soil, and evolves with the fall of the temperatures, and another which starts with the increase of the temperatures and finishes before the sub-humid period "c" returns); Period "c" - the warmest for the IH_{12d} and IF_{3d} , and sub-humid for P_{3d} . The obtained results allow defining the periods "a" and "b", even with different climatic viticultural potential, as being the most favorable for the production of grapes for wine. The probability of occurrence of the values of the climatic indices (climatic risk or advantages) was characterized at a ten-day level throughout the year. Other index to complement the study will be included, especially the potential water balance of the soil (dryness index - IS). It can be concluded that the concept of the viticultural climate with intra-annual variability of the Géoviticulture MCC System can be used as a zoning element for establishing, in the same vineyard, periods of the year with a higher climatic potential for the production of quality grapes for wine. This climatic criterion will be used in the integrated zoning of the region, especially with the edaphic factors.

1. Introduction

La Vallée du São Francisco est une région brésilienne productrice de vins située en climat tropical semi-aride, entre 09° et 10° de latitude sud. Dans cette région, la production peut être échelonnée sur tous les mois de l'année.

La zone présente une température annuelle moyenne, maximale et minimale de 26,4 °C, 31,7 °C et 20,6 °C, respectivement, et 567 mm de pluie par an (Teixeira, 2001). La région est placée dans 3 classes de climat (IS-1 IH+3 IF-2, IS+1 IH+3 IF-2 et IS+2 IH+3 IF-2), caractéristique du climat viticole à variabilité intra-annuelle, qui correspond aux régions qui, sur des conditions climatiques naturelles, changent de classe de climat viticole en fonction de la période de l'année au cours de laquelle le raisin peut être produit (Figure 1) (Tonietto, 1999).

La production de vin dans la région date des années 1980, avec une croissance significative les 5 dernières années. Les cépages les plus cultivés sont le Muscat Canelli, Chenin Blanc, Syrah et Cabernet Sauvignon. Un projet de recherche est en développement envisageant l'étude du potentiel des facteurs naturels (climat, sol), l'introduction des nouveaux cépages pour le développement des vins typiques de qualité dans la région et le développement des technologies œnologiques adaptées au raisin produit dans le climat tropical.

L'objectif de cette recherche est le zonage des périodes climatiques de production viticole dans l'année pour la Vallée du São Francisco.

2. Matériel et Méthodes

L'étude climatique a utilisé comme référence phenologique le cépage Syrah qui, dans la Vallée du São Francisco, qui présente un cycle moyen débourrement-récolte commerciale du raisin (d-r) de 4 mois. Les données climatiques analysées sont du poste météorologique de Petrolina (latitude 09° 09' S, longitude 40° 22' W, altitude 366m), représentative du macroclimat viticole régional (Teixeira & Silva, 1999). Une base de données journalières d'une période de 27 ans (1976-2002) a été utilisée, avec la simulation de 36 récoltes théoriques par an (récolte de raisin à chaque décade dans l'année), soit un totale de 972 sur l'ensemble de la période étudiée.

La méthodologie adoptée pour le traitement des données climatiques est basée sur le Système de Classification Climatique Multicritères Géoviticole (Système CCM Géoviticole) (Tonietto & Carbonneau, 2004), en utilisant des indices homologues des indices thermique, nycthermique et hydrique et la fonctionnalité de modulation des indices, calculés ici sur la phénologie spécifique des cépages observées dans la région de la Vallée du São Francisco. Ainsi, l'Indice Héliothermique (IH_{12d}) a été calculé sur 4 mois (12 décades) tout au long de l'année, par le décalage consécutif d'une décade sur la période de début de calcul des indices. L'Indice de Fraîcheur des Nuits (IF_{3d}) a été calculé par la moyenne des 3 décades précédentes la date théorique de récolte (simulation pour la période de maturation). La quantité de pluie en période de maturation (P_{3d}), calculée par la somme des pluies des 3 décades précédentes la date théorique de récolte, à également été pris en compte en fonction des effets sur l'incidence de pourriture qui peut amener a une récolte précoce, avant la complète maturation du raisin dans ces conditions chaudes. L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) a été utilisée pour une caractérisation des périodes climatiques dans l'année.

L'amplitude du climat viticole a été également analysée. La probabilité d'occurrence des valeurs d'indices climatiques a été caractérisée au niveau décadaire, tout au long de l'année, sur la période de 27 ans, avec le calcul des différents quartiles : Q0 - la valeur minimale ; Q1 - le premier quartile (25^e percentile) ; Q2 - la médiane (50^e percentile) ; Q3 - le troisième quartile (75^e percentile) ; Q4 - la valeur maximale. Entre les valeurs de Q3 et Q1, 50% des observations sont comprises.

3. Résultats et Discussion

Les résultats montrent une grande variabilité des indices climatiques étudiés au long de l'année : IH_{12d} entre 2.164 et 2.538, IF_{3d} entre 18,1 et 21,8 °C et P_{3d} entre 0 et 129 mm (valeurs du Q2) (Tableau 1 et Figure 2).

L'A.C.P. pour les 3 indices climatiques permet de regrouper ce climat viticole avec variabilité intra-annuelle en 3 périodes climatiques caractéristiques dans l'année (Figure 2) :

- Période "a" (décades 17 à 26 ; Figure 2) - conditions thermiques moins chaudes pendant le cycle d-r pour l' IH_{12d} , conditions nycthermiques (IF_{3d}) plus fraîches en période de maturation et très sec (P_{3d}) ;
- Période "b" (décades 13 à 16 et 27 à 32 ; Figure 2) - climat intermédiaire entre la période "a" et "c" pour l' IF_{3d} et l' IH_{12d} et sec à très sec pour P_{3d} (la période "b" peut être subdivisée en 2 sous-périodes : l'une que s'initie en sortant de la période chaude et humide "c", avec une réserve hydrique utile au niveau du sol, et évolue avec la chute des températures ; et l'autre sous-période qui débute avec l'augmentation des températures et que finie juste avant la rentrée de la période humide "c") ;
- Période "c" (décades 33 à 36 et 01 à 12 ; Figure 2)- Le plus chaud pour l' IF_{3d} et l' IH_{12d} et sub-humide pour P_{3d} .

Les résultats montrent que la production de raisin de cuve pour un même cépage présente des caractéristiques potentielles distinctes en fonction des périodes de production "a", "b" et "c". D'une façon générale, la période "c" est la plus susceptible a une maturité du raisin incomplète en fonction du risque de pourriture en fonction des pluies et températures élevées, qui peuvent amener à une récolte avant la complète maturation du raisin. Déjà les périodes "a" et "b" sont les plus aptes a une bonne maturation du raisin. La période "a" est la que présente le moindre risque de pluie et présente les

températures les plus fraîches, avec la possibilité du contrôle total de la disponibilité hydrique du sol par l'irrigation (Tableau 1).

Le Tableau 1 présente les indices climatiques IH_{12d} , IF_{3d} et P_{3d} calculés sur la période série 1976-2002, analysés au pas de temps décadaire. Les résultats sont exprimés en quartiles, ce qui permet de décrire l'amplitude du climat et d'utiliser cette information de variabilité climatique pour situer les risques ou les avantages climatiques pour une production de raisin de cuve prévue pour une maturité dans les différentes périodes (décades) de l'année. Par exemple, le risque d'avoir un P_{3d} sur la décade 4, supérieur à 138 mm est de 25% (valeur maximale Q4 de 252 mm). Déjà sur la décade 25 et 26, le Q3 pour le P_{3d} est de 3 mm à peine (valeur maximale Q4 de 26 mm).

L'étude démontre l'usage pratique du zonage climatique par les outils du Système CCM Géoviticole dans le climat viticole avec variabilité intra-annuelle, soit par l'étude des périodes climatiques dans l'année, soit par l'analyse de l'amplitude climatique (effet millésime) (Tonietto, 2003).

De façon complémentaire cette étude va inclure une analyse de la disponibilité hydrique potentielle du sol par l'Indice de Sécheresse (IS_{12d}), qui va être calculé sur les 4 mois (12 décades) du cycle tout au long de l'année. Pour ce calcul, l'estimation de l'évapotranspiration de la vigne va être estimée par l'ETo Penman-Monteith multipliée par le coefficient de culture (Kc), ce dernier variable entre 0,74 à 0,97 en fonction de l'évolution du cycle végétatif d-r, selon modélisation sur conditions locales (Teixeira et al., 1999).

Dans l'analyse du climat viticole de la région de la Vallée du São Francisco, le critère des périodes climatiques dans l'année va être utilisé dans le zonage climatique, en association avec la variabilité spatiale dans la région vitivinicole et l'amplitude du climat viticole, selon le modèle de zonage climatique présenté sur la Figure 3. Une étude intégrée de zonage, notamment avec les facteurs édaphiques, est également prévue.

4. Conclusions

Les conclusions obtenues permettent de délimiter, dans cette condition de climat viticole à variabilité intra-annuelle, les périodes "a" et "b" comme étant les plus favorables à la production de raisin de cuve.

On peut conclure que le concept de climat viticole à variabilité intra-annuelle du Système CCM Géoviticole peut être utilisé comme élément de zonage pour l'établissement, dans un même vignoble, des périodes de l'année avec un potentiel climatique supérieur de production de raisin de cuve.

Ce critère climatique va être utilisé dans le zonage climatique de la région, notamment de façon intégré avec les facteurs édaphiques.

Bibliographie

Teixeira, A. H. de C.; Azevedo, P. V. de. 1996. Zoneamento agroclimático para a videira européia (*Vitis vinifera* L) no Estado de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v.4, n.1, p.139-145.

Teixeira, A. H. de C. 2001. Informações agrometeorológicas do Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 46p. 2001 (Documentos, 168).

Teixeira, A. H. de C.; Azevedo, P. V. de; Silva, B. B. da; Soares, J. M. 1999. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina-PE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, p.413-416.

Teixeira, A. H. de C.; SILVA, Silva, B. B. da. 1999. Influência do Rio São Francisco no microclima de suas margens. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11, Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2, 1999, Florianópolis-SC. Anais. Santa Maria-RS: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.1605-1610.

Tonietto, J. 2003. Zonificación Vitícola: metodología de implementación y herramientas del sistema CCM Geovitícola. In: Curso Internacional de Vitivinicultura, 2003, Neuquén. Memoria Técnica. Neuquén, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. pp. 1-22.

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 de caractérisation. Montpellier, École Nationale Supérieure de Agronomie - ENSA-M. 233pp. (Thèse de doctorat).

Tonietto, J; Carbonneau, A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124/1-2, 81-97.

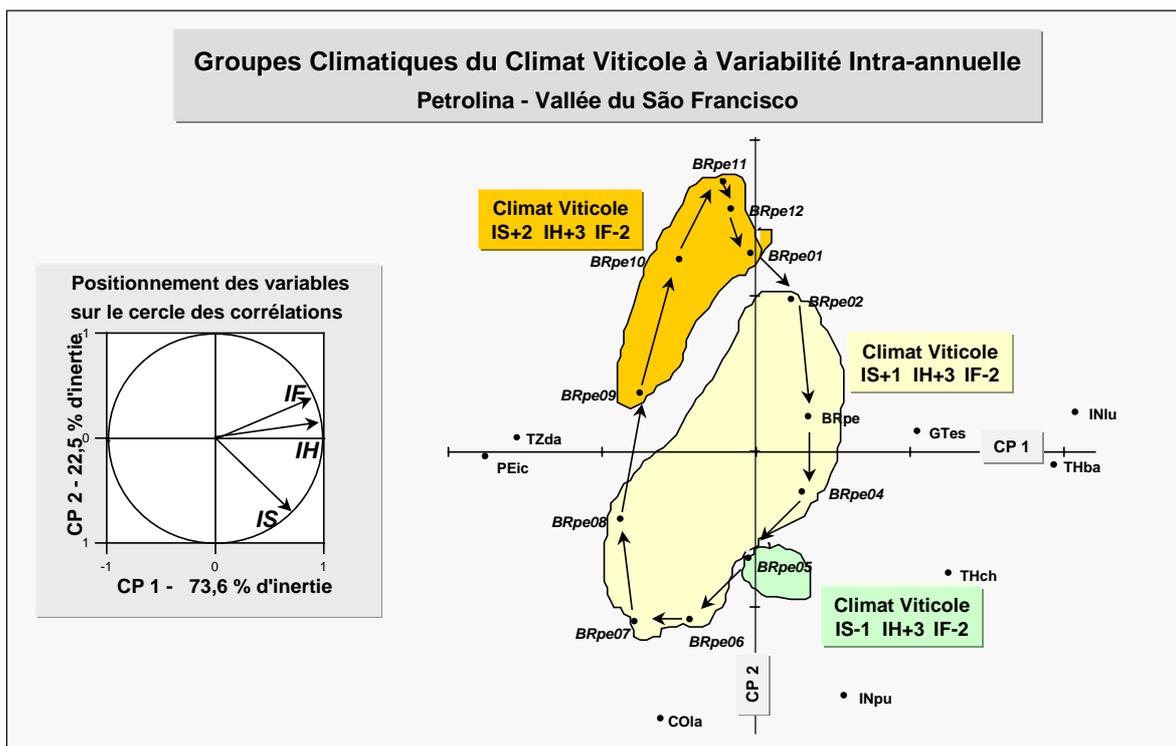


Figure 1. Climat viticole à variabilité intra-annuelle (Petrolina - Vallée du São Francisco, Brésil) : l'A.C.P. montre que le climat viticole (indices climatiques IH, IF et IS) change en fonction de la période de l'année au cours duquel on produit du raisin (Tonietto, 1999).

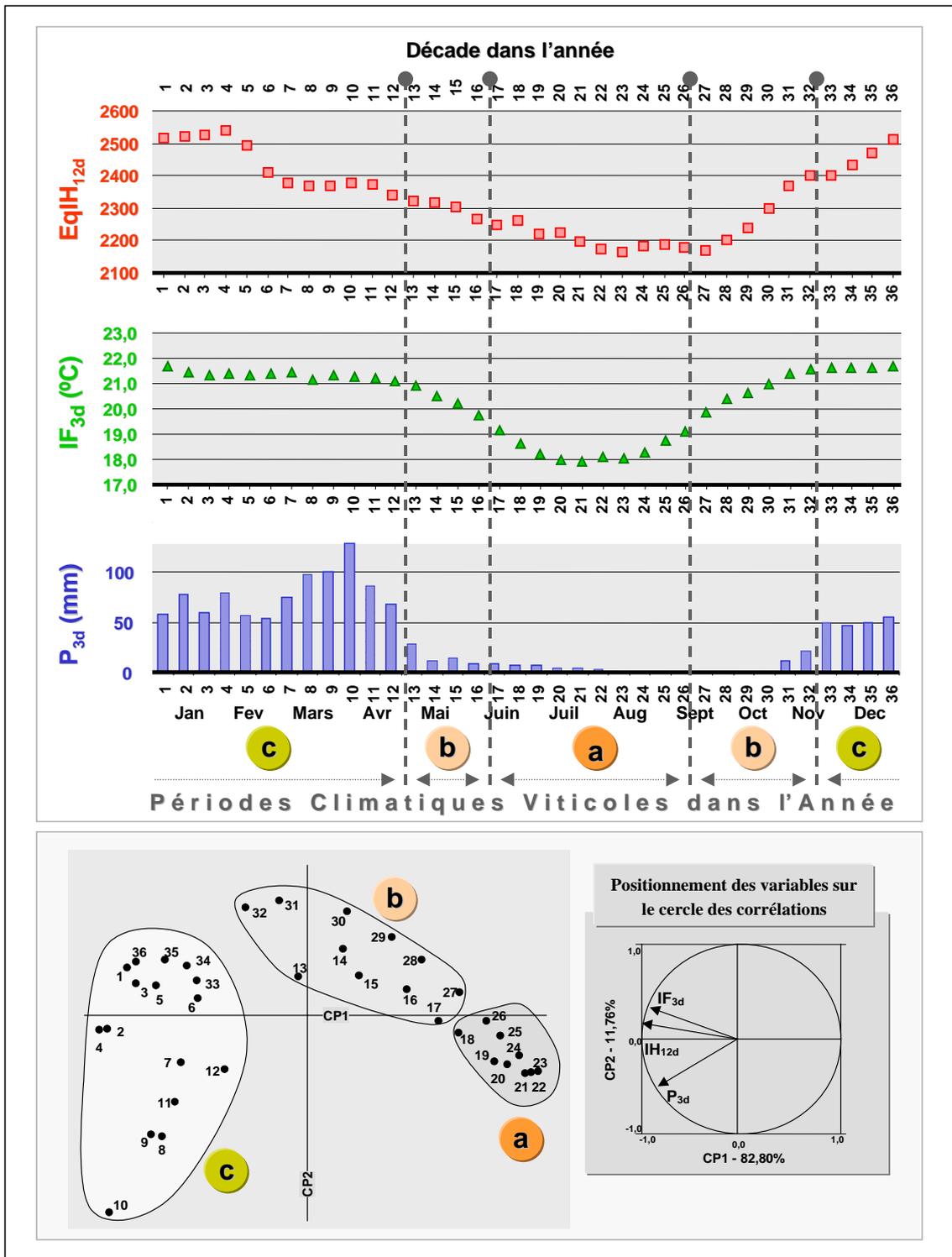


Figure 2. Indices climatiques - IH_{12d} , IF_{3d} et P_{3d} , par décade et périodes climatiques dans l'année viticole à Petrolina, Vallée du São Francisco, Brésil : l'A.C.P. regroupe les périodes "a", "b" et "c".

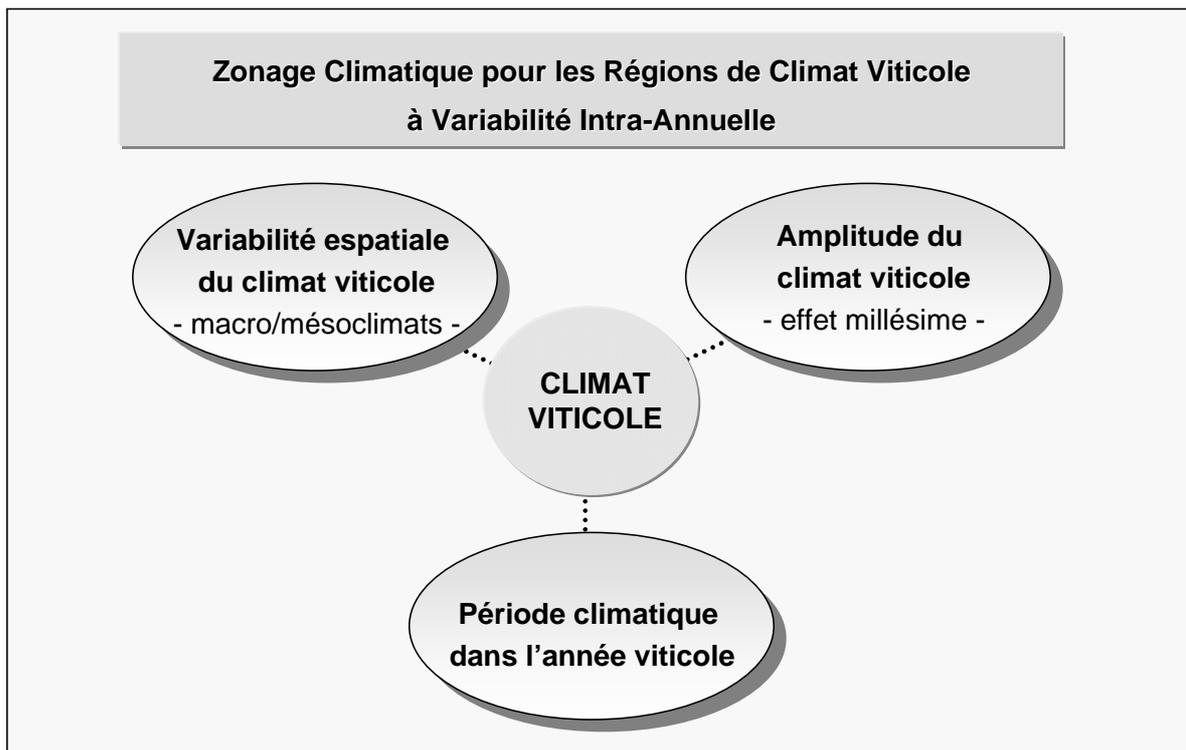


Figure 3. Le modèle de zonage climatique pour les régions de climat viticole à variabilité intra-annuelle doit intégrer la variabilité spatiale, la période climatique dans l'année viticole et l'amplitude de ce climat.

Tableau 1. Valeur des indices climatiques IH_{12d} , IF_{3d} , P_{3d} et sur la série interannuelle 1976-2002 du poste météorologique de Petrolina. Brésil, selon les quartiles Q0, Q1, Q2, Q3 et Q4.

Mois	Décade dans l'année	Indice Climatique Viticole														
		IH_{12d}					IF_{3d}					P_{3d}				
		Quartile					Quartile					Quartile				
		Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4
Jan	1	2296	2413	2517	2594	2662	19,7	20,9	21,8	22,6	25,1	8	16	58	87	252
	2	2277	2428	2519	2588	2685	19,4	21,0	21,6	22,4	24,6	5	37	78	103	292
	3	2304	2434	2528	2594	2686	19,6	20,9	21,5	22,3	24,4	5	21	60	120	249
Fév	4	2295	2423	2538	2589	2698	19,5	21,0	21,5	22,4	24,3	10	25	79	138	252
	5	2263	2413	2494	2579	2710	19,5	20,7	21,5	22,3	24,5	3	27	57	133	305
	6	2182	2348	2410	2512	2666	19,1	20,7	21,5	22,4	24,8	4	23	54	102	316
Mars	7	2121	2325	2377	2497	2661	19,3	20,9	21,6	22,4	25,0	0	44	75	105	206
	8	2080	2319	2369	2471	2625	19,3	20,8	21,3	22,3	25,0	0	48	98	149	371
	9	2066	2323	2370	2469	2609	19,5	20,9	21,5	22,0	25,0	4	54	100	164	354
Avril	10	2043	2311	2377	2460	2572	19,2	20,8	21,4	21,8	24,8	1	60	129	180	369
	11	2046	2291	2374	2424	2588	19,4	20,6	21,3	21,7	24,7	9	47	86	113	214
	12	2030	2259	2339	2384	2575	19,4	20,3	21,2	21,6	24,3	1	21	68	93	192
Mai	13	2013	2261	2322	2361	2569	18,9	20,0	21,1	21,3	24,2	0	9	29	53	139
	14	2001	2250	2319	2353	2571	18,0	19,8	20,7	21,0	23,7	0	1	11	52	136
	15	1982	2229	2301	2327	2576	17,3	19,5	20,4	20,7	23,2	0	1	15	27	104
Juin	16	1971	2206	2267	2319	2530	17,4	19,1	19,9	20,2	22,6	0	3	8	25	65
	17	1955	2165	2249	2298	2510	17,5	18,5	19,3	19,9	22,2	0	6	9	21	70
	18	1971	2181	2261	2307	2517	17,2	18,2	18,8	19,4	22,4	0	2	7	17	62
Juil	19	1996	2147	2222	2295	2490	16,4	17,6	18,4	19,1	21,8	0	2	7	15	29
	20	1997	2141	2227	2282	2463	16,6	17,5	18,1	18,9	21,6	0	2	4	11	44
	21	1941	2105	2197	2232	2416	16,8	17,5	18,1	18,7	21,7	0	1	4	7	43
Août	22	1913	2087	2172	2215	2410	16,6	17,5	18,2	18,6	21,5	0	1	3	7	36
	23	1910	2067	2164	2212	2393	16,9	17,3	18,2	18,8	21,5	0	0	2	6	37
	24	1945	2071	2184	2227	2390	16,7	17,7	18,4	19,4	21,8	0	0	1	6	20
Sept	25	1957	2101	2186	2234	2398	16,9	18,4	18,9	19,5	22,3	0	0	1	3	26
	26	1974	2133	2181	2249	2408	17,8	19,0	19,2	20,0	22,6	0	0	1	3	26
	27	1996	2142	2169	2248	2387	18,7	19,4	20,0	20,3	23,2	0	0	1	3	30
Oct	28	2036	2168	2202	2263	2405	19,0	19,9	20,5	20,8	23,3	0	0	1	3	58
	29	2074	2206	2240	2301	2426	18,8	20,2	20,8	21,2	24,0	0	0	0	13	69
	30	2124	2253	2300	2379	2462	18,8	20,7	21,1	21,8	24,3	0	0	2	13	69
Nov	31	2193	2318	2367	2451	2517	19,6	21,1	21,5	21,9	24,8	0	1	12	25	114
	32	2225	2329	2401	2472	2535	20,4	21,3	21,7	22,1	25,1	0	1	21	42	147
	33	2257	2339	2401	2504	2567	20,3	21,4	21,8	22,3	25,2	0	17	50	68	145
Déc	34	2294	2373	2435	2545	2588	20,4	21,3	21,7	22,6	24,7	0	13	47	98	142
	35	2304	2402	2472	2573	2620	20,2	21,3	21,8	22,5	25,1	0	8	49	97	180
	36	2297	2399	2510	2585	2654	19,9	21,2	21,8	22,6	25,1	0	14	55	85	326