

# **Zonage climatique viticole et cartographie numérique du Rio Grande do Sul - Brésil, par les indices du Système CCM Géoviticole**

## **Viticultural Climatic Zoning and Digital Mapping of Rio Grande do Sul - Brazil, using Indices of the Géoviticulture MCC System**

Jorge TONIETTO<sup>1</sup>, Francisco MANDELLI<sup>1</sup>, Eliseu WEBER<sup>2</sup> et Heinrich HASENACK<sup>2</sup>

1: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, 95700-000 - Bento Gonçalves, RS - Brésil, Tel. : +55(54)3455 8000, Fax : +55(54)3451.2793, e-mail : tonietto@cnpuv.embrapa.br

2 : Laboratório de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Caixa postal, 15.007, 91501-970 Porto Alegre, Brésil ; Tel. : +55(51)3316 6909, Fax : +55(51)3316 7307, e-mail : hasenack@ecologia.ufrgs.br

**Abstract:** The State Rio Grande do Sul is the main producer of Brazilian fine wines, with four viticultural regions. The objective is the characterization of the viticultural climatic potential of the State (total surface of 281.749 km<sup>2</sup>). The methodology use the Géoviticulture Multicriteria Climatic Classification System (Géoviticulture MCC System), based on three climatic indices – Dryness Index (DI), Heliothermal Index (HI) and Cool Night Index (CI). Based on latitude, longitude, altitude and distance from Atlantic Ocean, the 3 viticultural climatic indices were modeled and the algorithms applied to a DTM using GIS. The results show that Rio Grande do Sul has the following classes of viticultural climate: according to DI – Moderately Dry, Sub-humid, Humid; according to HI – Cool, Temperate, Temperate warm, Warm and Very Warm; according to CI – Cool nights, Temperate nights, Warm nights. Based on the total surface, the most representatives viticultural climates are: « Humid x Temperate » (3,1%), « Humid x Temperate warm » (14,4%), « Humid x Warm » (52,6%), « Sub-humid x Warm » (20,0%) and « Sub-humid x Very warm » (5,8%). According to CI, the viticultural climates have a range of variation as a function of the interaction between « earliness of the varieties x heliothermal availability ».

**Key words:** climate classification, climate models, climatic Groups, zoning

### **Introduction**

Le Rio Grande do Sul est l'État le plus méridional du Brésil et représente une superficie totale de 281 749 km<sup>2</sup>. Il est le principal producteur de vins fins du Brésil, avec une région productrice traditionnelle - la Serra Gaúcha et trois autres nouvelles - Campanha, Serra do Sudeste e Campos de Cima da Serra. On trouve différents climats dans les zones viticoles. Les nouvelles régions vitivinicoles commencent à augmenter la diversité des vins produits au Brésil au niveau de la typicité des produits et ouvrent des nouvelles perspectives pour la viticulture du pays. Dans le secteur vitivinicole, il existe un grand intérêt également pour une meilleure connaissance des potentialités viticoles dans les zones non-productrices, dans lesquelles la vigne n'est pas encore cultivée, mais qui auraient des potentialités naturelles.

L'objectif du travail a été la caractérisation des potentialités climatiques viticoles de l'ensemble du Rio Grande do Sul.

### **Matériels et méthodes**

La méthodologie utilisée est celle du Système de Classification Climatique Multicritères Géoviticole (Système CCM Géoviticole), avec trois indices climatiques viticoles synthétiques et complémentaires (hydrique, héliothermique et nycthermique), liés aux exigences des cépages, à la qualité de la vendange (sucre, acidité, couleur, arôme) et à la typicité des vins : 1) Indice de Sécheresse - IS, qui correspond à l'indice de bilan hydrique potentiel de Riou, adapté ici dans des conditions précises de calcul, comme indicateur du niveau de présence-absence de sécheresse ; 2) Indice Héliothermique - IH, qui correspond à l'Indice Héliothermique de Huglin ; 3) Indice de Fraîcheur des Nuits - IF, indice développé comme indicateur des conditions nycthermiques de maturation, qui correspond à la valeur moyenne de la

température minimale de l'air sur les 30 jours précédents à la date de récolte potentielle (Tonietto, 1999 ; Tonietto et Carbonneau, 2004).

Ces indices ont été calculés pour l'ensemble des 36 stations météorologiques officielles de l'État du Rio Grande do Sul (normale climatique 1961-1990), de la Fepagro - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Ils ont été interprétés avec les classes respectives de climat viticole du Système CCM Géoviticole (tableau 1).

**Tableau 1 - Indices climatiques viticoles du Système CCM Géoviticole (IH, IF et IS) et classes respectives de climat viticole et intervalles de classe.**

INDICE	CLASSE DE CLIMAT VITICOLE	SIGLE	INTERVALLE DE CLASSE
<b>Indice Héliothermique</b> <i>IH</i>	<i>Très chaud</i>	<i>IH +3</i>	> 3000
	<i>Chaud</i>	<i>IH +2</i>	> 2400 ≤ 3000
	<i>Tempéré chaud</i>	<i>IH +1</i>	> 2100 ≤ 2400
	<i>Tempéré</i>	<i>IH -1</i>	> 1800 ≤ 2100
	<i>Frais</i>	<i>IH -2</i>	> 1500 ≤ 1800
	<i>Très frais</i>	<i>IH -3</i>	≤ 1500
<b>Indice de Fraîcheur des Nuits</b> <i>IF</i> (°C)	<i>À nuits très fraîches</i>	<i>IF +2</i>	≤ 12
	<i>À nuits fraîches</i>	<i>IF +1</i>	> 12 ≤ 14
	<i>À nuits tempérées</i>	<i>IF -1</i>	> 14 ≤ 18
	<i>À nuits chaudes</i>	<i>IF -2</i>	> 18
<b>Indice de Sécheresse</b> <i>IS</i> (mm)	<i>À sécheresse forte</i>	<i>IS +2</i>	≤ -100
	<i>À sécheresse modérée</i>	<i>IS +1</i>	≤ 50 > -100
	<i>Sub-humide</i>	<i>IS -1</i>	≤ 150 > 50
	<i>Humide</i>	<i>IS -2</i>	> 150

Avec les coordonnées géographiques de latitude, de longitude, d'altitude (m) et de distance de la côte atlantique, les trois indices climatiques (IH, IF et IS) ont été modélisés. Par la suite, les algorithmes les plus significatifs ont été appliqués à un modèle numérique de terrain - MNT du Rio Grande do Sul, en SIG (logiciel Idrisi), avec une maille de pixel équivalent à 90 x 90 m (0,81 ha).

Une cartographie multicritère a été élaborée avec les différentes classes de climat viticole du Rio Grande do Sul, avec la caractérisation des différents groupes climatiques. L'Indice de Fraîcheur des Nuits (IF) a été calculé pour les différents périodes potentielles de maturation du raisin de cuve dans l'État du Rio Grande do Sul (période du 20 décembre jusqu'au 20 avril).

## Résultats et Discussion

Les algorithmes (et respectifs R<sup>2</sup>) utilisés pour la cartographie en SIG de l'État du Rio Grande do Sul, pour les indices climatiques viticoles IH, IS et IF, ont été :

$$IH = 6889,4754 + 138,4315 * \text{Lat} - 1,0049 * \text{Alt} + 0,0005 * \text{Dc} \quad (R^2 = 0,94)$$

$$IS = 1777,54774788237 + 48,3803568382466 * \text{Lat} - 0,000555981202293374 * \text{Dc} \quad (R^2 = 0,65)$$

$$IF_{20/12} = 43,9079540732397 + 0,864250700252258 * \text{Lat} - 0,00554420126999507 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,78)$$

$$IF_{10/01} = 43,0094222805525 + 0,793005632805491 * \text{Lat} - 0,00577048402278584 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,80)$$

$$IF_{31/01} = 40,3641080628035 + 0,683649767183700 * \text{Lat} - 0,00555483725252787 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,84)$$

$$IF_{20/02} = 34,7355876262964 + 0,495404066199815 * \text{Lat} - 0,00497391036756757 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,87)$$

$$IF_{10/03} = 34,7115970393270 + 0,506499378836835 * \text{Lat} - 0,00498827562313718 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,82)$$

$$IF_{31/03} = 32,2320482062322 + 0,468747797928191 * \text{Lat} - 0,00447548850581560 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,77)$$

$$IF_{20/04} = 33,0683843428012 + 0,574193145445617 * \text{Lat} - 0,00398284318873234 * \text{Alt} \quad (R^2 = 0,61)$$

dans les formules, Lat = latitude, Alt = altitude et Dc = distance de la côte atlantique.

Les résultats ont montré que le Rio Grande do Sul possède les valeurs extrêmes et les classes climatiques suivantes pour les indices climatiques viticoles : le IH (figure 1) varie entre 1.565 et 3.382 (classes de climat viticole : Frais, Tempéré, Tempéré Chaud, Chaud et Très Chaud) ; le IF varie, pour le mois de mars, entre 12,7 °C et 19,0 °C en fonction de la localisation géographique (classes de climat viticole : À nuits fraîches, À nuits tempérées et À nuits chaudes) et les valeurs d'IF varient également en fonction la période de maturation potentielle du raisin de cuve, avec une valeur extrême minimale de 11,1 °C pour la date de 20/04 (figure 2) ; le IS (figure 3) varie entre 9,2 mm et 200 mm (classes de climat viticole : À sécheresse modérée, Sub-humide et Humide).

La figure 4 présente la carte des groupes climatiques du Rio Grande do Sul formés par les indices climatiques IH (thermique) et IS (hydrique). Dans le tableau 2, ces groupes climatiques sont caractérisés en fonction de la superficie existante et des pourcentages respectifs de la superficie totale du Rio Grande do Sul.

**Tableau 2 - Groupes climatiques formés par les classes de climat viticole de l'Indice Héliothermique (IH) et de l'Indice de Sécheresse (IS), avec la superficie totale en hectares et pourcentage respectif de la superficie totale du Rio Grande do Sul.**

INDICE DE SÉCHERESSE IS (mm)	INDICE HÉLIOTHERMIQUE IH						
	Très frais IH-3	Frais IH-2	Tempéré IH-1	Tempéré chaud IH+1	Chaud IH+2		Très chaud IH+3
					IH+2 a (sous classe)	IH+2 b (sous classe)	
À sécheresse forte IS+2	-	-	-	-	-	-	-
À sécheresse modérée IS+1	-	-	-	-	-	1,1% 3.002 ha	0,1% 244 ha
Sub-humide IS-1	-	-	-	0,9% 2.473 ha	6,9% 19.337 ha	13,1% 36.978 ha	5,8% 16.401 ha
Humide IS-2	-	-	-	IS-2 a (sous classe) 6,1% 17.254 ha	9,8% 27.734 ha	8,7% 24.445 ha	1,2% 3.515 ha
				IS-2 b (sous classe) 0,3% 892 ha	3,1% 8.675 ha	8,3% 23.341 ha	23,1% 65.103 ha

Du point de vue hydrique et thermique (IS x IH), les climats viticoles les plus représentatifs par rapport à la superficie totale du Rio Grande do Sul sont (tableau 2) : Humide x Tempéré (3,1%), Humide x Tempéré chaud (14,4%), Humide x Chaud (52,6%), Sub-humide x Chaud (20,0%) et Sub-humide x Très Chaud (5,8%). Par rapport à l'IF, les climats viticoles possèdent une gamme de variation qui s'exprime en fonction de l'interaction « précocité du cépage x disponibilité héliothermique » (figure 2).

On observe que, dans le Rio Grande do Sul, les zones vitivinicoles sont situées principalement sur les groupes climatiques suivantes : pour la Serra Gaúcha - Tempéré chaud, Humide, À nuits tempérées (IH+1 IS-2b IF-1) ; pour la Serra do Sudeste - Tempéré chaud, Humide (avec des valeurs moins élevées), À nuits tempérées (IH+1 IS-2a IF-1) ; pour la Campanha - Chaud, Sub-humide, À nuits chaudes (IH+2a IS-1 IF-2) ; pour les Campos de Cima da Serra - Tempéré, Humide, À nuits tempérées/fraîches (IH-1 IS-2b IF+1/-1).

Le Rio Grande do Sul ne présente pas les climats viticoles suivantes : IH classe de climat viticole Très frais (on observe seulement quelques zones de climat viticole Frais sur l'extrême nord-est des Campos de Cima da Serra) ; climat viticole IS À sécheresse forte ; et climat viticole IF À nuits très fraîches. Les zones les plus froides présentent des risques des gelées tardives et peuvent avoir quelque restriction thermique pour quelques cépages les plus tardifs. Sur les zones les plus chaudes, comme dans la vallée du Rio Uruguay, on ne trouve pas la production de raisins de cuve pour des vins fins.

Une amélioration des algorithmes pour le zonage des indices climatiques au niveau de l'état du Rio Grande do Sul est envisageable, en particulier pour l'IS.

Le zonage climatique est actuellement utilisé pour la délimitation des indications géographiques des vins, comme pour la Vale dos Vinhedos, le Pinto Bandeira et le Monte Belo do Sul.

## Conclusion

La cartographie numérique multicritères par les indices climatiques viticoles pour l'État du Rio Grande do Sul a caractérisé les différentes zones climatiques (groupes climatiques) des régions productrices et permet également l'évaluation des potentialités climatiques de l'ensemble de l'état du Rio Grande do Sul.

L'étude permet d'identifier les climats viticoles de zones productrices et également de trouver des zones potentielles pour la production selon les caractéristiques des produits envisagés. La gamme des groupes climatiques observés permet de vérifier l'existence d'une grande variabilité, qui peut être utilisée pour le développement de plusieurs types de vins - mousseux, blancs et rouges, avec des typicités particulières en fonction du climat et son interaction avec les sols, aspects viticoles et œnologiques.

**Remerciements :** À la FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos pour le financement de la recherche. À Ronaldo MATZENAUER (FEPAGRO) et Gilberto CUNHA (EMBRAPA Trigo) pour la base des données climatiques du Rio Grande do Sul. À l'IBRAVIN - Instituto Brasileiro do Vinho, pour le support au développement des projets de zonage vitivinicole. À João Carlos TAFFAREL (EMBRAPA Uva e Vinho) pour les analyses de la base de données.

## Références bibliographiques

TONIETTO J. et CARBONNEAU A., 1999. Análise mundial do clima das regiões vitícolas de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia*, Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, 75-90. (Tonietto, J. et Guerra, C.C., Eds).

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

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. *Thèse Doctorat*. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 233 pp.

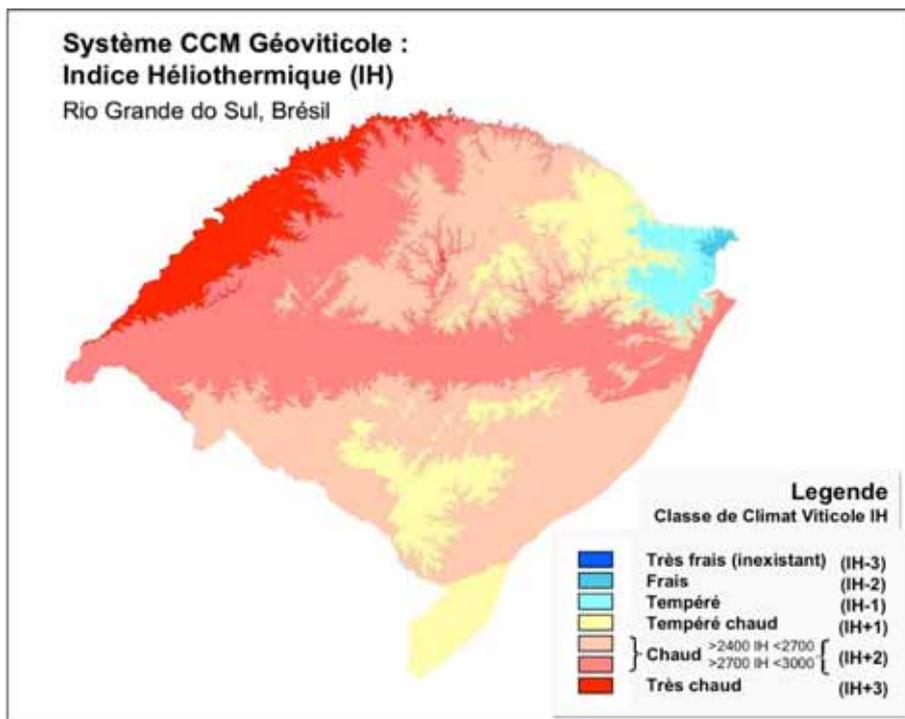


Figure 1 - Carte des climats viticoles de l'état du Rio Grande do Sul, en fonction de l'Indice Héliothermique (IH) du Système CCM Géoviticole (Tonietto, 1999 ; Tonietto et Carbonneau, 2004).

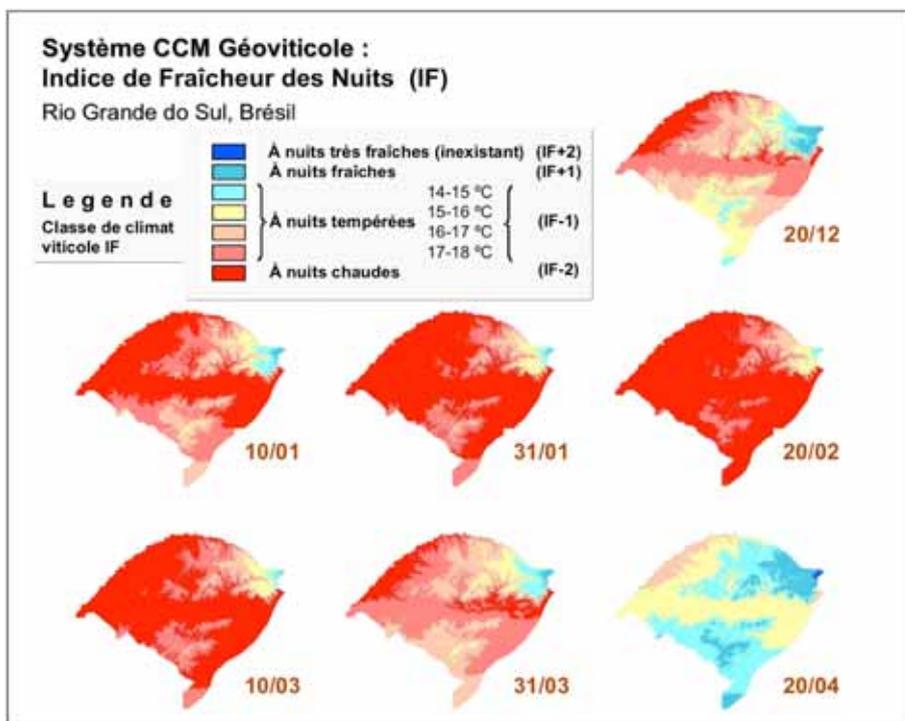


Figure 2 - Cartes des climats viticoles de l'état du Rio Grande do Sul, en fonction de l'Indice de Fraîcheur des Nuits (IF) du Système CCM Géoviticole (Tonietto, 1999 ; Tonietto et Carbonneau, 2004).

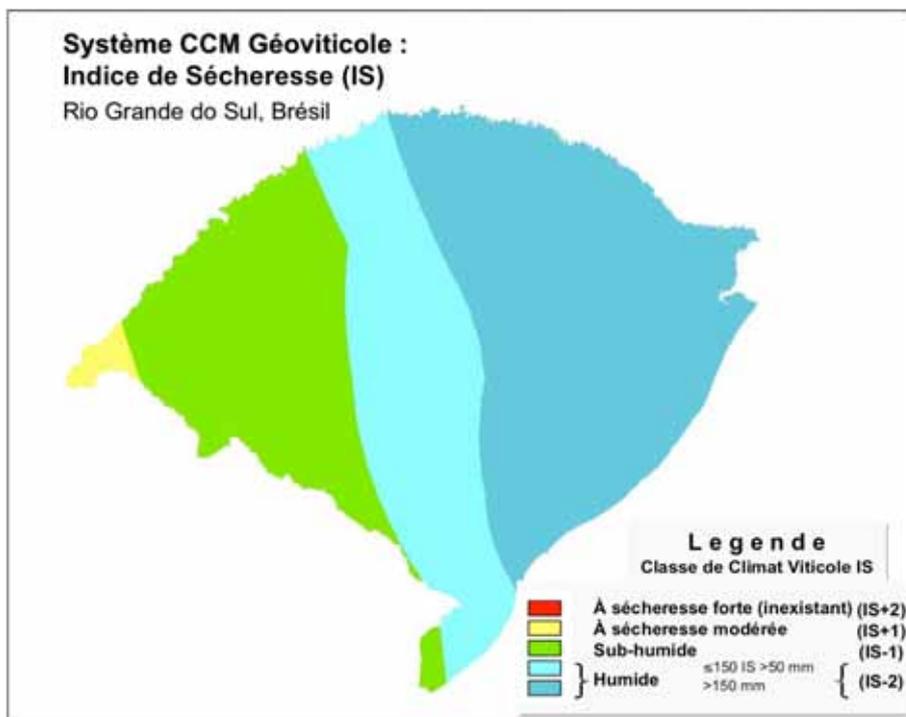


Figure 3 - Carte des climats viticoles de l'état du Rio Grande do Sul, en fonction de l'Indice de Sécheresse (IS) du Système CCM Géoviticole (Tonietto, 1999 ; Tonietto et Carbonneau, 2004).

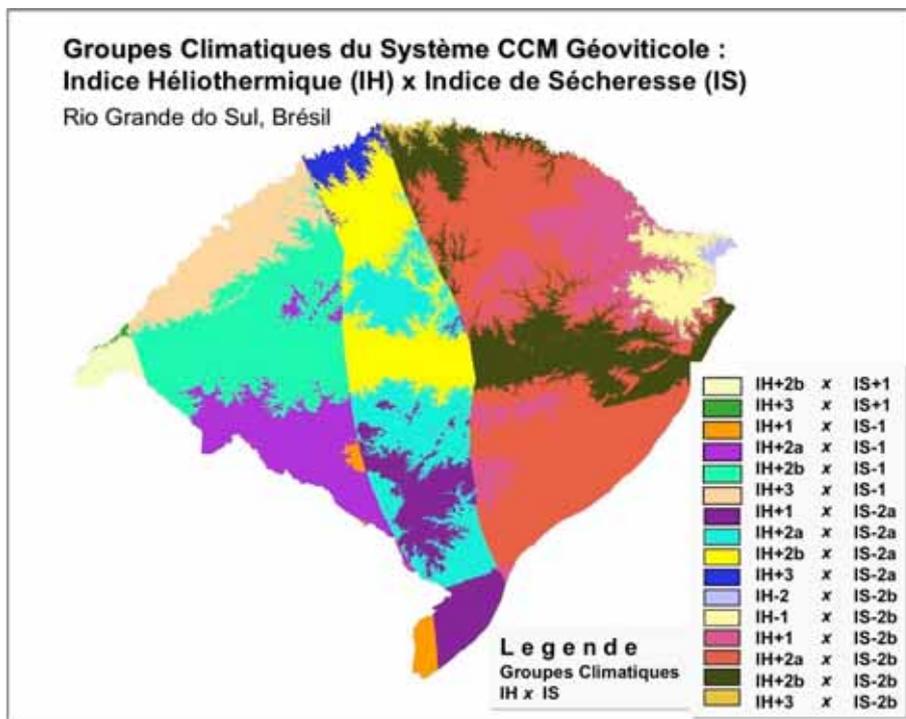


Figure 4 - Carte des groupes climatiques de l'état du Rio Grande do Sul, en fonction de l'analyse multicritères par l'Indice Héliothermique (IH) et par l'Indice de Sécheresse (IS) du Système CCM Géoviticole (Tonietto, 1999 ; Tonietto et Carbonneau, 2004).