

# TERRASSES, ENTRETIEN DU SOL ET ZONAGE VITIVINICOLE DANS LA RIBEIRA SACRA (GALICIA, ESPAGNE).

## BENCH TERRACES, AGRICULTURAL PRACTICES AND VITICULTURAL ZONING IN RIBEIRA SACRA (GALICIA, SPAIN).

José M.G. QUEIJEIRO; Eugenio L. PERIAGO; Manuel ARIAS; Benedicto SOTO

Area de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias de Ourense, As Lagoas s/n  
32004. España. Email: jgarcía@uvigo.es

**Mots clés:** Ribeira Sacra, Espagne, terrasses, entretien du sol, zonage.

**Key words:** Ribeira Sacra, Spain, bench terraces, viticultural zoning, cultural practices.

### RESUME

L'aire d'AOC Ribeira Sacra s'étend sur plus de 200 km au large des versants escarpés du Miño et du Sil, dans la Galice (Espagne). C'est une région viticole avec des caractéristiques bien particulières que complique leur zonage viticole. Elle est désormais une région dans laquelle les vignobles sont placés sur les versants fortement inclinés (parfois la pente est supérieure à 60%), aménagés en terrasses très étroites (les gradins n'ont souvent pas plus d'un mètre de large) avec des murs en pierres sèches qui ont derrière eux au moins un bon millénaire d'existence. Ces terrasses constituent un exemple remarquable de formations anthropiques très efficaces au point de minimiser l'érosion du sol et de conduire à formation de microclimats particulièrement adaptés aux besoins de la vigne.

Par leurs caractéristiques on peut parler de véritables anthrosols et d'un zonage initial lié au procès de construction des terrasses. Du point de vue pédologique la région est bien homogène, même s'il y a quelques variations en raison des conditions particulières d'orographie, de la nature de la roche-mère (granites, gneiss, ardoises), des facteurs locaux d'exposition (de l'ouest à sud-est), de l'altitude (200 à 450 m) et, surtout, des façons de concevoir la gestion de la fertilité chimique des sols viticoles.

D'un côté, il y a des vignes où l'entretien du sol est fait selon la manière traditionnelle, avec des apports épisodiques d'engrais végétaux : ainsi, dans de nombreux vignobles, on se contente d'épandre en couverture après la vendange, un mélange de fumier, de bois de taille, de marcs de raisin et de quelques touffes de genêts ramassées dans la lande. Le plus souvent dans ces vignobles prédominent les sols avec des teneurs en matière organique élevées (même si la matière organique est très stable et sa vitesse d'évolution est lente), sols acides et riches en aluminium échangeable (l'aluminium est souvent le plus abondant parmi les cations échangeables), à faible taux de saturation de la capacité d'échange, pauvres en potassium et avec des teneurs élevées en cuivre assimilable.

Par contre, dans le cas des vignes mieux cultivées et, surtout, dans les nouvelles plantations et les replantations, l'emploi des engrais minéraux et des amendements calciques et magnésiens est très répandu. C'est dans ces vignobles que l'on trouve des sols avec un pH neutre ou légèrement acide, une teneur en matière organique plus faible, une capacité d'échange de cations effective (CECe) plus élevée; le calcium -parfois le magnésium- sont les cations échangeables le plus couramment présents sur le complexe d'échange.

En conclusion, dans les vignobles de l'AOC Ribeira Sacra, on peut parler d'un zonage initial associé à l'aménagement en terrasses et sur lequel se superpose un deuxième zonage (plus important au point de vue des caractéristiques chimiques des sols et du potentiel qualitatif des raisins), fonction des façons d'entretien du sol.

## ABSTRACT

The particular characteristic of the Ribeira Sacra OAC in Galicia (Spain) makes complicate their viticultural zoning. In this region, vineyards are cultivated in narrow bench terraces (1 m width) on slopes up to 60%. Men along the last eight centuries, playing an important role as an effective conservation practice to prevent soil erosion, have constructed these. This practice produced an important thickening of soils, providing the development of vineyards in zones, which are characterised by their adequate microclimate.

The parent geologic materials are gneiss, granite and slate, the azimuth of the hill slopes is from south to southeast and their altitude range is from 200 to 450 m above Mediterranean Sea level. Men activities may be considered as the most important forming factor. In fact, agricultural practices acting during all this time are the most important forming factor of these soils. We observed an initial zoning of these soils derived from human activities. Furthermore, we consider that these practices correspond with the requirements of the Anthrosol FAO soil unit.

The traditional management practices that still being used include organic fertilisation and amendment and manual cultivation up to 40 cm depth. Most relevant physicochemical properties are low pH in water and in KCl saturation extracts, high organic mater contents (with low mineralisation rate), and low base saturation percentage in the cation exchange complex, and high exchangeable aluminium and assimilable copper contents. Other farmers use lime as amendment and inorganic fertilisation that increase pH and cation exchange capacity values, and diminution of organic mater and assimilable copper content.

## INTRODUCTION

La notion d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC), repose sur l'existence d'un lien entre les caractéristiques du terroir et la qualité et la typicité de la production (DELAS, 2000). Si pendant longtemps, ce lien n'est apparu que comme le fruit de l'empirisme, les recherches entreprises dernièrement ont permis de fonder scientifiquement les relations complexes entre fonctionnement des milieux naturels et aptitude à une production de qualité.

L'aire d'AOC Ribeira Sacra s'étend sur presque 195 km au large des versants escarpés du Miño et du Sil, dans la Galice (Espagne). Cette AOC couvre presque 1100 hectares, soit 5,2% de la surface viticole galicien, produisant en moyenne 22000 hl du vin.

Enfoncées de plusieurs centaines de mètres dans les vieilles surfaces d'aplanissement du massif ancien, les vallées du Miño et du Sil et les parties inférieures de certains de leurs affluents (Bibeí, Cabe, Bubal et Mao), ont été découpées en un extraordinaire escalier de terrasses viticoles. Celles-ci sont réservées à la viticulture ; la vigne est souvent l'unique culture et lorsqu'elle n'existe pas, le versant est abandonné aux broussailles. La construction de ces terrasses (appelées "socalcos" par les paysans) a exigé un travail gigantesque de remodelage des versants et leur entretien demandent des soins constants. La surface viticole est partagée en parcelles appartenant à près de 2500 propriétaires, chacun possédant en moyenne 4000 m<sup>2</sup>.

Dans ces vallées en gorge, les terrasses viticoles occupent souvent tout le versant et encerclent les rares chicots rocheux qui n'ont pu être conquis. Ces terrasses, le plus souvent entaillées dans des roches granitiques, sont en effet de remarquables constructions: chaque "socalco", qui suit les courbes de niveau sur des pentes qui atteignent parfois 45 degrés, est soutenu par un mur de pierre sèche et sa largeur est souvent si faible qu'il ne peut accueillir qu'une seule rangée de ceps (les gradins n'ont souvent pas plus d'un mètre de large). Les parcelles de ces « ribeiras » sont très petites (quelques ares parfois !) et toujours perpendiculaires aux terrasses. Une telle disposition s'explique aisément par la nécessité d'entretenir soigneusement les murs de soutènement.

Les vignes plantées sur ces versants présentent le plus souvent des ceps bas. La diversité des climats locaux permet l'exploitation tant des cépages blancs (Albariño, Loureira, Treixadura, Godello, Dona Branca et Torrontés), que des cépages rouges (notamment Mencía, Brancellao et Merenzao), bien que ce soit ces derniers qui occupent la plus grande surface. Traditionnellement la densité était de 3500 à 5000 ceps à l'hectare, mais après 1995 le maximum est limité par le Règlement d'AOC à 4000.

Au point de vue de la Pédologie la région est bien homogène, même s'il y a quelques variations en raison des conditions particulières d'orographie et de la nature de la roche-mère (granites, gneiss) ; les particularités du procès de construction des terrasses déterminent une modification profonde des propriétés originelles des sols, au point qu'on peut parler de véritables anthrosols. C'est dans ces conditions très particulières (avec les vignes à la limite de stress hydrique et minéral) que se déroule la viticulture. On peut dire donc, que dans la Ribeira Sacra l'ensemble des caractéristiques climatiques et pédologiques contribuent à que les vignobles rencontrent un habitat très particulier, que l'originalité de cette aire d'appellation est liée à la présence de terrasses, qui sont à la base de la qualité et de la typicité de la production. Il est vrai que des facteurs locaux d'exposition (de l'ouest à sud-est), de l'altitude (200 à 450 m) et, notamment, des façons de concevoir la gestion de la fertilité des sols viticoles, empêchent cette uniformité. En général, les caractéristiques particulières de construction des terrasses déterminent le zonage initial au point de vue de la viticulture.

L'étude vise à caractériser les conditions climatiques, géologiques et pédologiques des différentes situations des vignobles d'AOC Ribeira Sacra, pour faire une première approximation de zonage vitivinicole ; Cette évaluation tend à valoriser la contribution de la nature des sols originels et, particulièrement, l'influence des différents modèles de gestion de la fertilité dans les sols viticoles de cette région.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **ZONE D'ÉTUDE**

La zone retenue s'étend sur une surface d'environ 1100 hectares dans le centre-est de Galice. Quatre systèmes géologiques y prédominent : matériels granitiques (granites de deux micas a prédominance de biotite) qui sont les matériels les plus répandus dans les secteurs consacrés au vignoble ; matériels métamorphiques du précambrien (gneiss de la formation « Ollo de Sapo » avec de mégacristaux de quartz, feldspath potassique et plagioclase) et roches sédimentaires (Ordovicien inférieur) formé d'ardoises grises fondamentalement.

Bien que le climat général de la Galice soit océanique doux, dans la Ribeira Sacra les influences méditerranéennes sont sensibles surtout à la limite est de la région (CARBALLEIRA *et al.*, 1983). La pluviométrie est comprise entre 689 mm de Bóveda vers le nord et 1189 mm de San Estevo au centre-sud, bien que le total des pluies change

considérablement suivant les années et peut varier du simple au double d'une année à l'autre. Le bilan hydrique annuel moyen (calculé selon la méthode THORNTHWAITE) montre un déficit important et on peut dire que la sécheresse est une menace toujours présente. L'automne et l'hiver sont les saisons les plus pluvieuses bien que les précipitations de printemps soient aussi importantes. La saison sèche débute entre le 9 et le 21 juillet et s'étend jusqu'aux premiers jours de septembre.

Les températures moyennes annuelles vont de 12,1° C vers la limite septentrional, jusqu'à 15,8°C au sud. Les gelées disparaissent presque complètement dès le mois de juin et réapparaissent seulement en octobre. Les données correspondant aux indices bioclimatiques des stations les plus proches de l'aire de travail sont résumées dans le Tableau 1.

## MATÉRIEL

L'estimation des teneurs des sols en différents éléments a été faite sur des échantillons composites de trois prélèvements par parcelle, correspondant à deux profondeurs: 0-30 cm (couche superficielle) et 30-60 cm (couche profonde). La prise des échantillons a été faite avec un échantillonneur Edelman.

## MÉTHODES

L'analyse granulométrique a été faite en suivant la méthode à la pipette de Robinson (GUITIÁN et CARBALLAS, 1976). Les pH (H<sub>2</sub>O et KCl) ont été mesurés dans un rapport  $\frac{\text{sol}}{\text{solution}} = \frac{1}{2,5}$  suivant la Méthode Internationale de la Science du Sol. Les contenus en matière organique sont évalués avec de la méthode de WALKEY et BLACK (1934). L'azote total a été déterminé par la méthode KJELDAHL, modifiée par GUITIÁN et CARBALLAS (1976). Les cations échangeables ont été mobilisés par une extraction unique à l'aide de NH<sub>4</sub>Cl 0,2 M (SUMMER et MILLER, 1996). L'aluminium et les protons échangeables ont été extraits avec KCl 1 M selon la méthode de LIN et COLEMAN (1960). La capacité d'échange des cations effective CEC<sub>e(+)</sub> a été assimilée à la somme équivalente des cations échangeables (Ca<sup>2+</sup>+ Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>). Le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray I (BRAY et KURTZ, 1945). Le cuivre a été déterminé, après extraction avec une solution de NH<sub>4</sub>Ac 0,5 M et EDTA 0,2 M, en suivant la méthode de SILLANPÄÄ (1990).

Toutes les données ont été soumises à une analyse statistique au moyen du programme informatique SSPS, en soumettant les données qui ne respectent pas les conditions de l'analyse de variance à des tests non paramétriques (test de Kruskal-Wallis). La comparaison entre données est réalisée en utilisant les moyennes des caractéristiques physico-chimiques des sols des différents vignobles.

## DISCUSSION

Les résultats correspondants aux moyennes des analyses physico-chimiques des sols sont présentés dans le Tableau 2.

Il faut souligner, avant tout, la richesse en éléments grossiers (environ 44% en moyenne) et leur rôle (effet sur la température du sol, sur l'économie de l'eau, sur la sensibilité à l'érosion) extrêmement important dans les sols des vignobles de la Ribeira Sacra. Si on ajoute la texture sableuse (qui rend ces sols très perméables) et la faible profondeur effective, on peut

envisager une situation très peu favorable (SEGUIN, 1980), relativement à sa capacité de réponse aux besoins hydriques des vignes pendant la phase de maturations du raisin.

On peut observer aussi que les moyennes correspondantes aux couches superficielles et profondes sont significativement différentes pour les paramètres reliés directement à la fertilisation qu'elle soit organique (Carbone et Azote totales, rapport C/N) ou minérale (CECe, Somme des bases échangeables, Ca, K). Il y a aussi des différences significatives dans les valeurs du Cuivre avec une forte accumulation dans la couche superficielle, qui s'explique par l'affinité entre le Cuivre et la matière organique (SANDERS et BLOOFIELD, 1980).

L'analyse statistique montre aussi (Tableau 3) que dans chaque couche les différences significatives sont plus en relation avec l'intensité des pratiques culturales qu'avec la nature de la roche-mère. Les effets des pratiques culturales étant donc plus déterminants que les caractéristiques des roches-mères, il faut les prendre les premières en compte pour le zonage vitivinicole.

Au Tableau 4 sont représentées les moyennes correspondantes aux caractéristiques physico-chimiques des couches superficielles, en fonction du matériel géologique (granit, gneiss) et des modèles de gestion de la fertilité : modèle traditionnel (T) correspondant presque uniquement à l'apport d'engrais verts et de fumiers (dans de nombreux vignobles, on se contente d'épandre en couverture après la vendange, un mélange de fumier, de bois de taille, de marcs de raisin et de quelques touffes de genêts ramassées dans la lande) et modèle plus actuel (I = Intensif) avec l'apport des engrais chimiques et (ou) d'amendements calciques et (ou) magnésiens.

Bien que l'aptitude d'un terroir à produire des vins de qualité n'ait rien à voir avec l'acidité du sol (DELAS, 2000), les sols acides présentent quelques caractéristiques peu favorables au développement de la vigne : faible minéralisation de la matière organique, parfois insuffisance de potassium et magnésium et toxicités métalliques associées au passage ou au maintien à l'état d'ions assimilables de métaux soit présents dans le sol (aluminium, manganèse) soit apportés par l'homme (cuivre). Les valeurs obtenues pour le pH  $H_2O$  se situent entre 6,65 et 4,02 (de neutre à très acide) pour la couche superficielle et entre 4,22 et 6,22 pour la couche sous-superficielle. Les sols des vignobles de la Ribeira Sacra se caractérisent donc par un pH à tendance acide bien que parfois l'acidité soit corrigée avec le chaulage.

L'acidité est l'apport traditionnel d'amendements organiques (pailles, bois de taille, fumiers, déchets végétaux notamment de légumineuses), fait que les teneurs en matière organique des sols sont très élevées (même si la matière organique est très stable et sa vitesse de décomposition est lente) y compris dans les couches profondes, bien que la moyenne des horizons superficiels soit significativement supérieure.

Pour l'azote total, aucune différence significative n'apparaît pour les horizons superficiels en fonction de la géologie ou de la fertilisation, bien que la moyenne correspondant aux sols fertilisés surtout avec amendements organiques, soit sensiblement plus haute. La teneur en azote total est statistiquement supérieure dans les horizons superficiels, bien qu'équivalente dans toutes les situations (granits/gneiss, traditionnel/intensif).

Dans les couches superficielles, les moyennes correspondantes à la capacité d'échange cationique des sols (S et CECe) et aux basses concentrations de Ca et Mg, sont significativement supérieures dans les sols sur gneiss que dans les granits. Il en est de même dans les sols qui répondent au modèle de gestion plus actuelle, qu'au mode de gestion traditionnelle. La faible CECe est quelque chose de fréquent pour les sols de culture de la vigne en Galice (RODRIGUEZ, 1992). Le cation le plus présent est  $Ca^{2+}$ , suivi de  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  et

Na<sup>+</sup>. Les moyennes du phosphore assimilable sont très basses en liaison avec la mauvaise biodisponibilité de cet élément dans les sols acides.

## CONCLUSION

Dans les vignobles de l'OAC Ribeira Sacra, on peut parler d'un zonage initial associé à l'aménagement en terrasses et sur lequel se superpose un deuxième zonage (plus important au point de vue des caractéristiques chimiques des sols et du potentiel qualitatif des raisins), fonction des façons d'entretien du sol. Les caractéristiques chimiques des sols sont donc plus en relation avec les façons de concevoir la restauration de la fertilité chimique qu'avec la nature de la roche-mère.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRANAS J. (1974). *Viticulture Générale*. Ed. Déhan. Montpellier.
- BRAY, R.H., KURTZ, L.T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, 59, 39-45.
- CARBALLEIRA A., DEVESA C., RETUERTO R., SANTILLAN E., UCIEDA F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Ed. Conde de Fenosa. A Coruña.
- DELAS J. (2000). *Fertilisation de la vigne*. FERET Ed. Bordeaux.
- GUITIAN F., CARBALLAS T. (1976). *Técnicas de Análisis de suelos*, 2<sup>a</sup> ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
- HUETZ, A. (1967). *Vignobles et vins du Nord-ouest de l'Espagne*. Ed. Feret & Fils. Bordeaux.
- HUGLIN P., SCHNEIDER C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne*. 2<sup>a</sup> Ed. Lavoisier. Paris.
- LIN, C., COLEMAN, N.T. (1960). The measurement of exchangeable Aluminum in soils and clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24, 1409-1416.
- RODRIGUEZ B., GARCIA-RODEJA E., FONTENLA A., GONZALEZ J.L. (1991). Los suelos de viñedo de Galicia. Un ejemplo de los problemas de la viticultura en suelos ácidos. *Vitivinicultura*, 6, 25-37.
- SANDERS J.R., BLOOFIELD C. (1980). The influence of the pH, ionic strength, and reactant concentration on copper complexing by humified organic matter. *J. Soil Sci.* 31, 53-63.
- SEGUIN G. (1980). Les sols gravelo-sableux du vignoble bordelais : propriétés physiques et chimiques, alimentation en eau de la vigne et conséquences sur la qualité des vendanges. *Colloque Franco-Roumain, Bordeaux*.
- SILLANPÄÄ, M. (1990). *Micronutrient assessment at country level*. FAO Soils Bull., 60. Rome.
- SUMMER, M.E., MILLER, W.P. (1996). *Cation exchange capacity and exchange coefficients. Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical properties*. 3<sup>a</sup> ed. Sparks, ASA; SSSA, CSSA ; Madison, Wi.

WALKLEY A., BLACK I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method. *Soil Sci.*, 34, 29-38.

WINKLER A.J., COOK, J.A., KIEWER W.M., LIDER L.A. (1984). *General Viticulture*. University California Press. Berkeley.

Year	1971	1972	1973	1974
Plant	1271	1271	1271	1271
Block	1271	1271	1271	1271
Plot	1271	1271	1271	1271

Table 2. Parameters of vines - changes during the first 3 years of vineyard establishment.

Parameter	Year 1	Year 2	Year 3
Plant height (m)	1.2	1.5	1.8
Stem diameter (cm)	2.5	3.0	3.5
Leaf area (cm²)	15	20	25
Chlorophyll content	0.15	0.20	0.25
Stomatal conductance	0.05	0.07	0.09
Transpiration rate (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)	0.02	0.03	0.04
Water potential (MPa)	-0.1	-0.15	-0.2
Relative humidity (%)	80	75	70
Temperature (°C)	20	22	24
Soil moisture (%)	10	12	14
Soil temperature (°C)	15	16	17
Soil pH	6.5	6.5	6.5
Soil N (g kg⁻¹)	1.0	1.2	1.4
Soil P (g kg⁻¹)	0.5	0.6	0.7
Soil K (g kg⁻¹)	2.0	2.2	2.4
Soil Ca (g kg⁻¹)	10.0	10.0	10.0
Soil Mg (g kg⁻¹)	5.0	5.0	5.0
Soil S (g kg⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Soil Zn (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil Cu (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Fe (g kg⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Soil Mn (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil B (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Na (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil Cl (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil Br (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil I (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Si (g kg⁻¹)	10.0	10.0	10.0
Soil Al (g kg⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Soil Ti (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil V (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Cr (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Co (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Ni (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Pb (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Cd (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Hg (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil As (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Se (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Mo (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Sn (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil W (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil ZnO (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil CuO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil FeO (g kg⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Soil MnO (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil B₂O₃ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Na₂O (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil Cl₂ (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil Br₂ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil I₂ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil SiO₂ (g kg⁻¹)	10.0	10.0	10.0
Soil Al₂O₃ (g kg⁻¹)	1.0	1.0	1.0
Soil TiO₂ (g kg⁻¹)	0.1	0.1	0.1
Soil V₂O₅ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil Cr₂O₃ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil CoO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil NiO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil PbO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil CdO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil HgO (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil As₂O₃ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil SeO₂ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil MoO₃ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil SnO₂ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01
Soil WO₃ (g kg⁻¹)	0.01	0.01	0.01

Tableau 1. Valeurs de quelques indices bioclimatiques pour les stations de l'AOC Ribeira Sacra.

Station	I. Winkler (1)	I. Héliothermique de Huglin (2)	I. de Branas (3)	
			PH	P
S. Estevo	1651	-	3,8	3711
Peares	1983	2435	4,1	3513
Belesar	1271	1605	4,0	2912
Brollón	1375	2067	3,9	3307
Monforte	1665	2239	3,9	3307

(1) WINKLER *et al.* (1984) ; (2) HUGLIN (1998) ; (3) BRANAS (1974)

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques des sols dans les différents vignobles.

Paramètres	Moyenne		Minimum		Maximum		N° de données	
	Sup.	Prof.	Sup.	Prof.	Sup.	Prof.	Sup.	Prof.
Graviers (%)	43,5	44,2	28,9	25,1	61,3	71,0	53	44
Sables (%)	59,8	60,6	49,5	47,3	73,9	77,6	22	22
Limons (%)	30,3	28,1	15,3	9,5	37,2	40,3	22	22
Argile (%)	9,9	11,4	6,7	8,2	13,3	23,6	22	22
pH H <sub>2</sub> O	5,06	5,07	4,02	4,22	6,65	6,22	69	59
pH KCl	4,25	4,23	3,00	3,58	6,65	6,11	69	59
M. O. (%)	4,57 *	2,78 *	1,22	0,09	15,14	9,46	69	59
Azote total (%)	0,14 *	0,07 *	0,03	0,01	0,43	0,13	69	59
Rapport C/N	20,3 *	35,7 *	6,5	0,6	47,7	210	69	59
S (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	3,73 *	2,90 *	1,04	0,88	11,55	8,04	69	59
CECe (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	4,63 *	3,77 *	1,04	0,88	11,56	8,04	69	59
Ca (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	2,21 *	1,67 *	0,50	0,38	9,57	4,94	69	59
Mg (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	1,01	0,79	0,05	0,13	5,47	2,76	69	59
K (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,56 *	0,42 *	0,10	0,11	2,74	2,74	69	59
Na (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,03	0,04	0,00	0,00	0,11	0,27	69	59
Al. (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,85	0,91	0,00	0,00	4,03	4,81	69	59
P. ass. (mg Kg <sup>-1</sup> )	9,15	7,84	2,00	2	27	22	53	45
Cu. (mg Kg <sup>-1</sup> )	95,4 *	41,8 *	2,0	1,0	258	126	38	29

Les \* indiquent les valeurs significativement différentes ( $p < 0,05$ , test ANOVA et/ou Kruskal-Wallis) entre les moyennes de la couche superficielle et profonde.

Tableau 3. Paramètres des sols significativement différents dans l'analyse statistique.

	Couches superficielles	Couches profondes
Roche-mère	CECe, Ca, % Gravieres, S, Mg.	Ca
Mode de gestion de la fertilité	pH (H <sub>2</sub> O et KCl), C/N, S, CECe, Ca, Mg, Na, K	pH (H <sub>2</sub> O et KCl), S, CECe, Mg, Ca, Na, Al

Tableau 4. Moyennes correspondantes aux paramètres de la couche superficielle, en fonction de son matériel géologique (granits, gneiss) et du mode de gestion de la fertilité (traditionnelle ou intensif).

Paramètres	Couche superficielle			
	Granites	Gneiss	Traditionnelle	Intensif
Gravieres (%)	39,34 a	48,12 b	42,66	45,23
Sables (%)	58,51	61,03	59,60	60,14
Limons (%)	31,62	28,99	30,37	30,17
Argile (%)	9,87	9,99	10,04	9,70
Mat. Org. (%)	4,31	4,81	4,91	3,94
Azote total (%)	0,12	0,15	0,13	0,15
Rapport C/N	22,2	18,2	21,81 c	16,99 d
pH H <sub>2</sub> O	4,96	5,15	4,82 c	5,50 d
pH KCl	4,11	4,38	3,93 c	4,86 d
S (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	2,90 a	4,50 b	2,44 c	6,16 d
CECe (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	3,85 a	5,34 b	3,61 c	6,53 d
Ca (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	1,63 a	2,74 b	1,47 c	3,62 d
Mg (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,75 a	1,24 b	0,65 c	1,67 d
K (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,53	0,58	0,41 c	0,83 d
Na (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,04	0,03	0,03 c	0,04 d
Al. (cmol (+) Kg <sup>-1</sup> )	0,95	0,76	1,10	0,37
P ass. (mg Kg <sup>-1</sup> )	8,2	10,2	9,1	9,3
Cu. (mg Kg <sup>-1</sup> )	83,1	104,3	109,3	71,6

Les lettres indiquent les groupes de moyennes significativement différents après une analyse de variance. Deux moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes ( $p < 0,05$ , test ANOVA et/ou Kruskal-Wallis).