

Étude des relations sols-cépage dans le vignoble du Jura : exemple du cépage Trousseau sur le terroir de Montigny-Lès-Arsures (France)

Relationship between soil and grapevine variety in the vineyard of Jura : example for the « Trousseau » variety from the « Terroir » of Montigny-Lès-Arsures (France)

Jean LEVEQUE*, Sébastien LANGE, Michel CAMPY, Francis ANDREUX et Marie-Jeanne MILLOUX

UMR INRA 1229 Microbiologie et Géochimie des Sols, Centre des Sciences de la Terre,

Université de Bourgogne, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France

Tel. (0)3 80 39 63 68 ou 63 50, Fax +33 (0)3 80 39 63 87

*Corresponding author: jean.leveque@u-bourgogne.fr

Abstract : Seven plots located in the commune of Montigny-lès-Arsures (Jura, 39), planted with grapevine varieties Trousseau and Savagnin, were chosen for a study of soil pits and a distribution of major and trace chemical elements in soils and wines. It was shown that the mineral matrix of the soil reflects the geological substratum and the sub-surface alteration process, while the organic soil matrix depends on agro-viticultural practices. Major and trace elements (54 elements analysed) were assessed in the surface soil layer (Ap horizon) and in two sub-soil layers (B or C horizon). Major elements reflect the influence of the limestone-marl substratum (Trias-Lias), sometimes dominated by silico-aluminium constituents (clay particles inherited from the altered Bajocien layer). For trace elements, a principle Component Analyses (PCA) shows a distribution of the plots in three groups, which are defined by their pedological – sedimentary origin: soils on Clay with “Chailles”, soils on Trias and Lias marls, and soils on clay and alluvial fan from Bajocien sediment. Patterns of chemical element among soil layers show the contribution of the natural geological background and of the agro-viticultural practices. In the soil surface layers of some plots, high levels of trace elements (Pb, Cu and As) are the result of the use of pesticides. The Principal Component Analyses of major and trace elements in wines do not show a distribution of the plots based on pedological or sedimentary origin, but based on production factors, in this case the vine grower. This conclusion is justified by the geochemical homogeneity (same sedimentary origin, same rock type) of the geological origins in the area that was studied.

Keywords: vineyard, soil, wine, geochemistry, trace element

Introduction

Pour l'ensemble des professionnels de la viticulture et de l'œnologie, la notion d'A.O.C (Appellation d'Origine Contrôlée) est fondée en France sur l'association étroite d'un territoire, d'un ou plusieurs cépages et d'un savoir-faire traditionnel et historique. C'est dans cette appellation que réside la notion même de terroir, définie comme une étendue de terre considérée pour ses aptitudes agricoles. Du point de vue naturaliste, les A.O.C. correspondent à des territoires qui présentent des facteurs naturels prépondérants tels que le climat régional, le type de terrains géologiques et les sols. Cet ensemble de terrains qui, par la nature plus ou moins variée de leurs sols, leur situation et leur environnement, est homogène pour une potentialité viticole de production définie autour de quelques encépagements particuliers. Au cours des siècles, la mise en place de cépages spécifiques parfaitement adaptés est devenue une partie intrinsèque de la notion de terroir (France, 2002).

Depuis des caractères plus généraux comme la topographie, l'exposition jusqu'à l'horizon pédologique, le sol intervient dans le développement de la plante par sa structure physique et ses constituants chimiques qui contrôle la rhizosphère de la plante. L'intervention du substratum pédo-géologique est également perçue d'une autre manière en viticulture: en effet, les éléments minéraux contribuent aux arômes et à la couleur, les éléments

siliceux grossiers, en accumulant la chaleur du sol, créent une ambiance qui influence la respiration de la plante donc, la concentration en sucres et, par conséquent, les caractères puissants et chaleureux. C'est par l'utilisation d'une terminologie descriptive et littéraire que le fond géochimique des sols est également associé à l'image des terroirs viticoles avec par exemple : « ... la silice apporte légèreté et finesse, le calcaire quant à lui apporte couleur, rondeur, corps, souplesse et plasticité au vin. Les argiles en relation directe avec les composés tanniques et plastiques du vin sont responsables d'un caractère de fermeté du vin... ». De ce point de vue, le sol représente un facteur quantitatif de la production viticole. Mais pouvons-nous accréditer cette hypothèse comme une partie intégrante de l'expression des vins, en particulièrement lorsque actuellement, la notion d'appellation, pour les vins comme pour les autres productions agricoles, est un enjeu économique majeur ?

L'image du vin doit donc être nette : préciser le lien du produit avec le milieu naturel avec le choix précis de pratiques viticoles et œnologiques et des sols appropriés à la culture de la vigne et exprimant les qualités organoleptiques reconnues par la profession viticole. Si les cépages et les conditions de production des viticulteurs sont bien identifiés, il n'en est pas de même des facteurs du milieu sol et de ses influences, il est donc naturel de s'y intéresser pour définir aussi les critères d'une spécificité des vins. C'est dans la perspective proposée par de récents et plus anciens travaux sur une expression du fond géochimique corrélée à l'expression du terroir viticole que nous avons orienté notre étude (Kwan *et al.*, 1980 et 1990 ; Herrero-Latorre et Medina, 1990 ; Latorre *et al.*, 1994 ; Day *et al.*, 1995a et b ; Yunianta *et al.*, 1995 ; Baxter *et al.*, 1997 ; Greenough *et al.*, 1997 ; Martin *et al.*, 1999 ; Arvanitoyannis *et al.*, 1999 ; Galani-Nikolakaki *et al.*, 2002.). L'objectif principal de ce travail sera donc de mener une étude comparée des différents sols, dans un contexte viticole précis et caractéristique : celui du vignoble jurassien dans la commune de Montigny-Lès-Arsures, dite « capitale du cépage Trousseau ». Corrélée avec la description pédologique des sols de parcelles viticoles choisies, la distribution de nombreux éléments chimiques contenus dans les sols et le vin, en particulier celle des éléments traces, sera discutée pour établir un ou des profils géochimiques particulier à chaque parcelle viticole productrice de son vin. Enfin, nous tenterons de répondre à la question posée : les terroirs viticoles ont-ils une existence ou une expression pédo-géochimique ?

Matériels et méthodes

Le vignoble jurassien recouvre une superficie d'environ 2 000 hectares, sa superficie actuelle en fait le plus petit des vignobles septentrionaux de France. Ce vignoble, adossé à la Suisse, est délimité au nord par le Doubs et la Côte d'Or, au sud par l'Ain, à l'est par les premiers plateaux calcaires du massif jurassien et à l'ouest par la plaine de Bresse. Il est globalement exposé sud / sud-ouest, à une altitude comprise entre 300 et 450 m, sur une pente inférieure à 30° (Campy, 2002). Le Revermont bénéficie d'un climat semi-continentale, l'hiver est ordinairement humide et brumeux. À la fin du XX^e siècle, plus de 45 cépages différents peuplaient le vignoble jurassien. Aujourd'hui, seulement 5 cépages y fleurissent : trois d'entre eux sont propres à la région, le Savagnin, le Poulsard et le Trousseau ; les deux autres sont originaires de Bourgogne, le Chardonnay et le Pinot noir. Dans l'étude que nous avons menée, nous nous sommes intéressés à deux des cinq cépages, le Trousseau et, à titre comparatif, le Savagnin. Le cépage trousseau n'est présent que dans la région d'Arbois et de Montigny-Lès-Arsures qui en est sa « capitale ». Il trouve donc ses terres de prédilection dans le nord du vignoble, sur des sols gravelo-argileux recouverts de fragments de « chailles » siliceuses. Il est le plus rare autant que le plus capricieux des cépages du vignoble (< 10 % du vignoble) et possède un rendement d'environ 40 à 50 hectolitres par hectare. Le Trousseau est un cépage tardif et exigeant. Le Savagnin est le cépage de prédilection des vigneron jurassiens qui, associé aux marnes bleues, grises ou noires du Trias ou du Lias, produit le vin jaune. Les rendements sont faibles et atteignent seulement 30 à 35 hectolitres par hectare. Ce cépage utilisé dans l'élaboration du vin jaune est également assemblé en proportions variables avec d'autres cépages comme le Chardonnay pour la production de vins blancs typés.

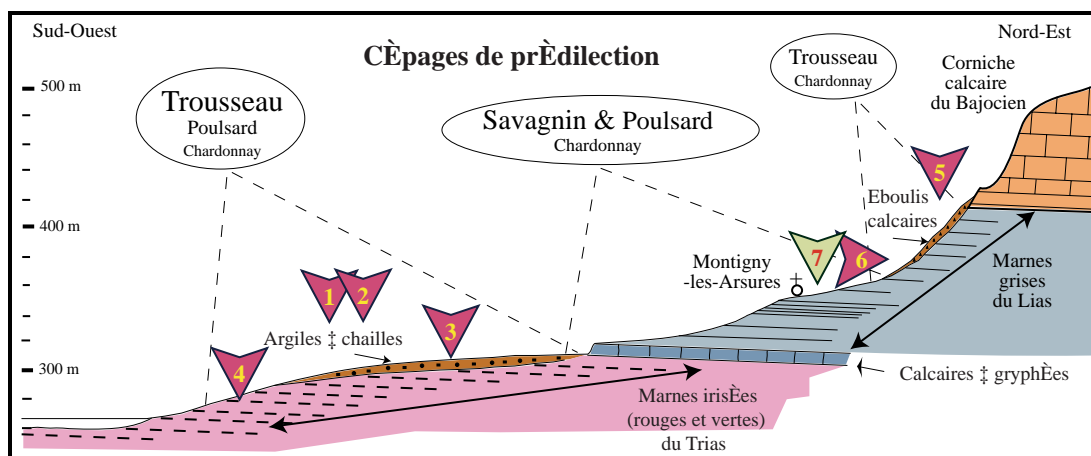


Figure 1 - Localisation (flèches) des fosses pédologiques et des cépages de prédilection dans le vignoble de Montigny-Lès-Arsures en relation avec la nature et la répartition des terrains du substrat et de la couverture (Campy, 2002)

Si le vignoble jurassien ressemble beaucoup à celui de la Bourgogne, la structure géologique et la disposition des terrains, autant que la morphologie sont en réalité très différentes : ce vignoble est un vignoble « tectonique » (Campy, 2002). Il s'épanouit sur des terrains calcaires ou marneux (à 90 %) de l'ère secondaire (Trias et Lias). C'est au Miocène que l'histoire des deux rives du fossé bressan diverge : le soulèvement alpin alors à son paroxysme, provoque le plissement et le chevauchement de la couverture secondaire du Jura formant des coteaux bordant la plaine de Bresse. Les couches de calcaires durs du Bajocien (- 170 à - 164 Ma) forment le premier plateau derrière Poligny et Lons-le-Saunier. Disloquées et érodées, elles laissent apparaître les terrains sous-jacents du Lias et du Trias. Le vignoble du Jura est installé sur cette frange de couches sédimentaires différente de celle du vignoble bourguignon et qui s'exprime par un paysage façonné en collines « molles » (marnes et calcaires marneux) sur lesquelles la vigne s'installe, en avant du front du plateau. L'érosion creusant les zones plus marneuses que calcaires fabrique un paysage collinéen coiffé par les calcaires du Bajocien (figure 1).

Les sols résultants sont souvent absents ou souvent très peu épais car le labour, l'érosion de surface les évacuent par ruissellement. Localement sur les pentes, des sols peu profonds se développent à partir d'un revêtement assez épais (plusieurs mètres) de formations superficielles, qui masquent le substrat géologique en place. Il s'agit d'altérites et de substrat résiduels, mises en place au cours des périodes quaternaires. Ces formations superficielles préservées dans les zones de faible pente ont une grande importance sur le choix de l'encépagement du vignoble. Les deux principales formations superficielles reconnues sont les argiles à chailles et les éboulis calcaires (figure 1). Dans la commune de Montigny-Lès-Arsures, sept fosses pédologiques ont été réalisées dans différentes parcelles viticoles : six parcelles implantées en Trousseau et une parcelle implantée en Savagnin. Les sept parcelles étudiées possédant toutes un substratum bien différencié.

Tableau 1 - Parcelles étudiées : P1 à P7

N°	Dénomination	Cépage	Propriétaire	Substratum géologique
1	Ruzard 1	Trousseau	GAYET Michel	Argile à chailles peu épaisses sur Marnes irisées du Trias
2	Ruzard 2	Trousseau	AVIET Lucien	Argile à chailles moyennement épaisses sur Marnes irisées du Trias
3	Rosières	Trousseau	AVIET Lucien	Argile à chailles très épaisses sur Marnes irisées du Trias
4	Poussot	Trousseau	AVIET Lucien	Marnes irisées rouges du Trias
5	Nonceau	Trousseau	AVIET Vincent	Eboulis calcaire sur marnes grises du Lias
6	Saint Laurent	Trousseau	MORIN Joël	Argiles de décalcification sur marnes grises du Lias
7	Château Gimont	Savagnin	AVIET Lucien	Marnes grises du Lias

Sept fosses creusées jusqu'à environ 0,80 - 1,1 m de profondeur ont permis l'observation des sols et le prélèvement tous les 5 à 10 cm dans des profils pédologiques souvent très homogènes. Au laboratoire, les mesures réalisées selon la norme AFNOR (qualité des sols volume 1 et 2, 1999) ont concerné : l'humidité massique, le pH (pH_{eau} et pH_{KCl}), le calcaire total et actif, le carbone organique (méthode d'Anne) et la granulométrie. Ces mesures ont été réalisées sur des sols séchés (à 40°C) et tamisés à 2 mm. Les analyses géochimiques des éléments traces, mineurs et majeurs (54 éléments au total) ont été réalisées au Centre de

recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG, Nancy) dans le Service d'analyses des roches et des Minéraux (protocole SARM). Les vins choisis sont les vins de l'année millésime 2002. Les mesures de pH et les mesures des teneurs géochimiques de certains éléments (43 éléments au total, CRPG Nancy) ont concerné les vins correspondant respectivement aux six parcelles de cépage Trousseau et à la seule parcelle de cépage Savagnin étudiée.

Résultats et discussion

Les humidités massiques des sept parcelles sont toutes comprises entre 10 et 35 % tout horizons confondus. Des profils hydriques différents sont cependant observés entre les parcelles : les parcelles Ruzard 1 et Poussot présentent un profil hydrique relativement homogène dans leur ensemble, l'humidité massique étant comprise entre 20 et 25 % alors que nous pouvons remarquer une diminution progressive de l'humidité sur la parcelle Ruzard 1. Les parcelles Rosières, Nonceau et Château Gimont présentent des profils hydriques similaires avec une augmentation en surface (0-0,4 m) jusqu'à environ 30 %, puis une rapide diminution vers un taux d'humidité massique compris entre 15 et 20 %. Dans la parcelle Saint Laurent, l'augmentation avec la profondeur est beaucoup moins marquée. La parcelle Ruzard 2 montre un comportement bien différent des précédentes, avec une humidité très faible en surface (sur les 15 premiers cm) associée à la présence d'un enherbement important. Les humidités mesurées entre 0,4 et 0,5 m tendent dans l'ensemble à rester constantes, 15 à 20 % ; au-delà, se produit de nouveau une forte diminution de l'humidité. En dehors de la parcelle enherbée (Ruzard 2A), la diminution en surface de l'humidité massique correspond à l'apparition d'horizon d'altération de la roche-mère, marnes et calcaires marneux, plus sableux et donc plus filtrants.

Les mesures de pH des sols varient entre 7,0 et 8,1. Les valeurs sont relativement constantes sur un même solum, excepté pour la parcelle Saint Laurent (argiles de décalcification) où une constante diminution du pH est mesurée (7,8 en surface et 7,0 en profondeur). Les sols appartiennent tous à une même famille de sols neutres à basiques. La plus forte acidité d'échange ($\text{pH}_{\text{eau}} - \text{pH}_{\text{KCl}}$) est remarquée pour le sol de la parcelle Saint Laurent avec presque 2 unités pH d'écart : ce sol est décarbonaté sur l'ensemble du solum. Les acidités d'échange des autres parcelles sont moins élevées et se distinguent en deux sous-groupes : le premier celui des parcelles Ruzard 1 et 2 et Rosières où l'acidité d'échange observée est faible (0,5 unité d'écart) et celui des parcelles Poussot, Nonceau, et Château Gimont où la différence est d'environ 1 unité pH. Cette distinction s'explique comme précédemment par la présence relative ou non du calcium (Ca^{2+}) : les teneurs en calcaire actif sont légèrement plus faibles dans les sols du 1^{er} groupe.

Les teneurs en calcaire total des sols des sept parcelles présentent des teneurs en calcaire total et actif très variables. Les sols les plus carbonatés sont situés sur les argiles à chailles épaisses (parcelle Rosières, 20 à 40 %), moyennement épaisses (parcelle Ruzard 2, 20 à 45%) et sur les marnes grises du Lias (parcelle Château Gimont, 20 à 35%). Les sols moyennement carbonatés, 10 à 25 % calcaire total, proviennent des parcelles Ruzard 1 et Poussot (argiles à chailles peu épaisses et marnes irisées rouge du Lias). Deux parcelles présentent des sols peu ou pas carbonatés (3 à 0 %) : les parcelles Nonceau et Saint Laurent, localisées respectivement sur éboulis calcaires et argiles de décarbonatation. Les sols des cinq parcelles carbonatées (Ruzard 1 et 2, Rosières, Poussot et Château Gimont) présentent tous une augmentation du calcaire avec la profondeur traduisant la proximité des différentes roches mères carbonatées (marnes). Les sols peu carbonatés de la parcelle Nonceau ou totalement décarbonatés de la parcelle Saint Laurent ne montrent pas de variation du calcaire total sur tout le solum. Comme pour le calcaire total, les teneurs en calcaire actif présentent des variations : dans les sols peu ou pas carbonatés, il n'y a pas de calcaire actif (parcelle Saint Laurent) ou celui-ci représente la presque totalité du carbonate de calcium présent dans les sols (parcelle Nonceau). Pour les sols calcaires des parcelles Ruzard 1, Poussot et Château Gimont, la distribution dans le solum diffère de celle observée pour le calcaire total : en effet, le taux de calcaire actif tend à rester constant alors que le calcaire total augmente en profondeur. Pour les sols des deux dernières parcelles, Ruzard 2 et Rosières, la distribution du calcaire actif suit celle du calcaire total et augmente avec la profondeur. Les teneurs les plus élevées en calcaire actif sont observées pour le sol situé sur les marnes grises du Lias (parcelle Château Gimont). L'épaisseur de la formation des argiles à chailles et l'altération des marnes rouges irisées du Trias semblent contrôler la distribution du calcaire actif des sols des parcelles Ruzard 1 et 2, Rosières.

Les teneurs en carbone organique sont presque toujours relativement fortes et toujours supérieures à 2 %, à l'exception des sols prélevés dans les parcelles Poussot et Saint Laurent. Les différences observées s'expliquent

par la gestion viticole de la parcelle : en effet, lorsque la parcelle est totalement (Ruzard 1) ou partiellement enherbée (Rosières, Poussot, Nonceau et Château Gimont), la teneur en carbone organique est élevée (4 %) ; l'inverse est observé lorsque celui-ci est désherbée chimiquement (Saint Laurent). Dans le solum, la distribution du carbone est généralement décroissante, corrélée avec la variation de l'humidité massique. Le sol de la parcelle Nonceau présente toutefois un profil de distribution différent des autres avec une teneur en carbone organique importante à 0,3 m de profondeur : 3% de carbone organique. Nous interprétons cette « particularité », comme le résultat incrémenté du processus naturel de colluvionnement gravitaire d'une formation essentiellement argileuse et du travail du sol (remontée des terres et labour). Cette combinaison conduit à l'incorporation permanente des matières organiques déposées et/ou apportées en surface ; l'enfouissement en profondeur dans un milieu favorisant une dégradation biologique plus ralentie explique alors l'accumulation du carbone organique à cette profondeur. Enfin, les analyses granulométriques ne montrent pas de différences significatives entre les parcelles : la fraction sableuse fine et grossière ne dépasse pas 30 % du total. La texture argilo-limoneuse est dominante pour les sols des sept parcelles viticoles.

Les analyses des éléments traces, mineurs et majeurs obtenus par ICP-MS ou ICP-AES, sur les différents sols seront présentées de deux manières : en premier lieu, à l'aide de spiders diagrammes utilisant une méthode de normalisation (log base 10) permettant de visualiser les enrichissements ou les appauvrissements relatifs en certains éléments dans le solum. En second lieu, nous proposerons et interpréterons ces données ainsi que celles obtenues sur les vins, par l'analyse statistique en composante principale (ACP) pour discuter de l'origine et du degré de parenté qu'il existe entre le sol et son substrat géologique ; à cet égard, nous rappelons que dans notre site d'étude (Montigny-les-Arsures), les sols viticoles sont situés sur des formations superficielles résiduelles d'âge glaciaire (argiles à chailles) ou sur le substratum géologique marno-calcaires (Trias, Lias).

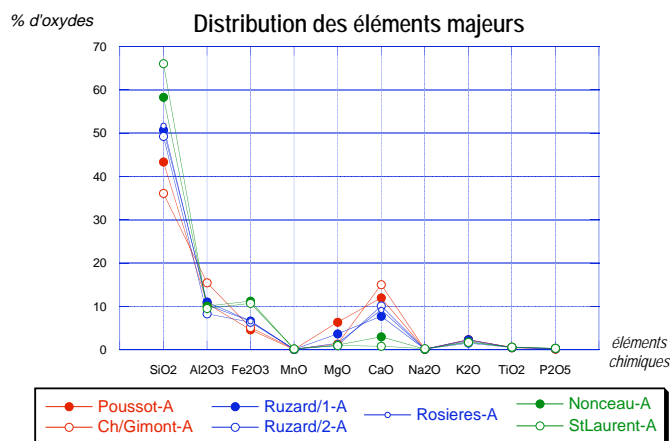


Figure 2 - Distribution des éléments majeurs dans l'horizon cultivé (A_p) des sols des sept parcelles viticoles étudiées.

a. Dans les sols et dans le solum, les éléments majeurs (exemple de la figure 2) montrent des variations notables en calcium et en silicium qui s'expliquent essentiellement par les teneurs plus ou moins importantes en carbonates (pôle calcaire) ou par la présence de la phase argileuse de décarbonatation (pôle silice). Le fer et le magnésium présentent un comportement antithétique : le premier étant corrélé avec le silicium, le second avec le calcium. Afin de distinguer des enrichissements ou des appauvrissements dans les différents horizons des sols analysés, nous avons utilisé une méthode de normalisation dont le principe est de comparer la concentration d'un élément chimique donné entre la surface et la profondeur du solum ; ainsi, la valeur S(i) d'un élément donné i (i=Cr, V, Cu, etc.) sera égale à :

$$S(i) = \text{Log } 10 [(i)_h / (i)_p]$$

avec, (i)_h= concentration de l'élément i dans un horizon de profondeur donnée et (i)_p= concentration de l'élément i dans l'horizon de profondeur maximum.

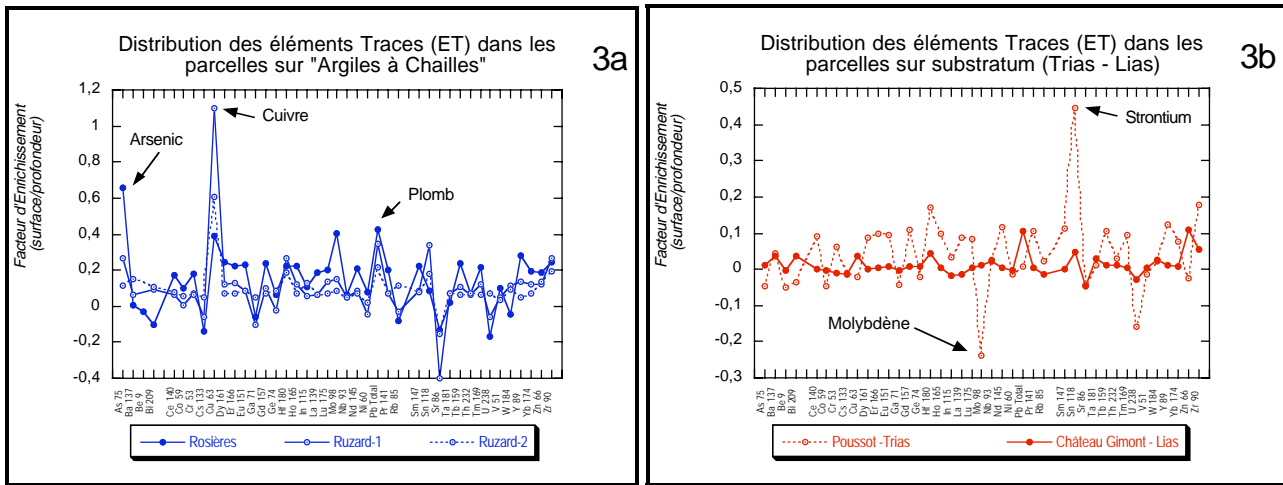


Figure 3 (a et b) - Distribution normalisée (facteur $S_{(ij)}$) des éléments traces dans les parcelles sur argiles à chailles (Rosières, Ruzard 1 et 2, figure 3a) et dans les parcelles sur assises marno-calcaires du Trias et du Lias (Poussot et Château-Gimont, figure 3b).

Cette normalisation permet de visualiser rapidement dans l'horizon cultivé de surface, les enrichissements et les appauvrissements d'un élément chimique par des valeurs respectivement positives et négatives. Comme le montre la figure 3a, les spiders diagrammes indiquent l'existence de contaminations métalliques en surface, notamment pour le cuivre, l'arsenic et le plomb. La figure 3b présente des variations naturelles (strontium, molybdène) corrélées avec la présence ou l'absence de carbonates (pôle calcaire) ou celle d'argiles de décarbonatation (pôle silice). La présence des trois éléments métalliques suivants, cuivre, plomb et arsenic dans les horizons de surface de cinq des parcelles étudiées (Ruzard 1 et 2, Rosières, Poussot et Saint Laurent) est interprétée comme résultante de l'application répétée des traitements phytosanitaires à base de cuivre, d'arsenic et de plomb. L'origine de ces contaminations est recherchée dans le passé culturel du vignoble que celui-ci soit toujours resté celui d'une vigne ou qu'il s'agisse parfois d'alternances plus ou moins longues entre des vignes et des vergers.

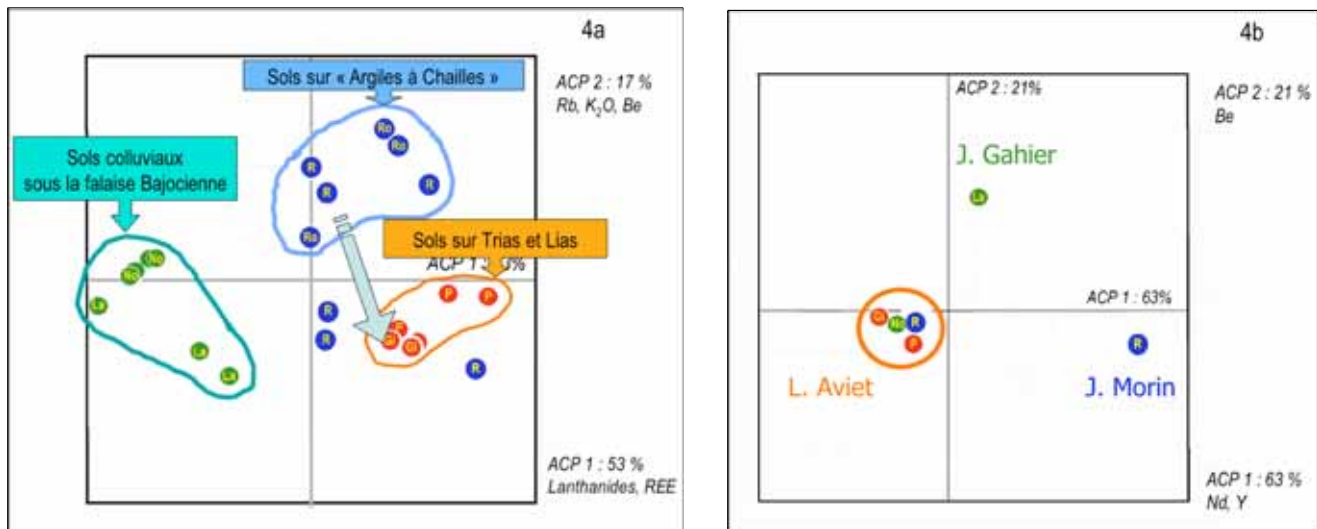


Figure 4 (a et b) - Diagrammes présentant l'analyse statistique en composante principale (ACP) des éléments traces mesurés dans les sols des parcelles viticoles (figure 4a) et dans les vins (figure 4b).

b. dans un deuxième temps, nous avons cherché à caractériser géochimiquement l'ensemble des sols de nos parcelles viticoles par l'analyse statistique en composante principale (ACP). Le but de ce traitement statistique étant de définir les éléments susceptibles de discriminer au mieux les sols et les vins provenant chacun d'une des sept parcelles viticoles. Une exception est faite pour la vinification, car le raisin des parcelles Ruzard 1 et

Rosières est vinifié ensemble par le même propriétaire. L'ACP (figure 4 a) fait ressortir que les deux axes factoriels dénommés ACP 1 et ACP 2 représentent respectivement, 53 % et 17,5 %, c'est-à-dire plus 70 de la variance totale. L'axe ACP 1 regroupe principalement des éléments chimiques de la famille des Lanthanides (Terres Rares), l'axe ACP 2 étant essentiellement représenté par des éléments en traces ou mineurs comme le Béryllium. Le plan factoriel définit trois groupes de sols : le 1^{er} groupe rassemble les sols des parcelles Ruzard 2 et Rosières, correspondant aux sols situés sur les argiles à chailles moyennement épaisses à épaisses ; le 2^e groupe, les sols à dominante marneuse provenant des parcelles Ruzard 1, Château Gimont et Poussot. Enfin dans le 3^e groupe, le sol des parcelles Saint Laurent et Nonceau est retenu c'est-à-dire celui des parcelles à dominante « Bajocienne » situées soit sur les éboulis de la corniche Bajocienne, soit sur les formations dites « d'argiles à chailles » provenant elles-mêmes d'un démantèlement ancien des calcaires bajociens. Pour l'année millésime 2002, l'analyse en composante principale effectuée permet de distinguer les six vins de la manière suivante (figure 4b) : un groupe se forme pour les vins des quatre parcelles Ruzard 2/Rosières, Poussot, Nonceau et Château Gimont. Le vin de la parcelle Saint Laurent et celui de la parcelle Ruzard 1 s'écartent et s'individualisent nettement du groupe précédent. Cette distinction, entre des vins regroupés dans un ensemble homogène d'éléments chimiques majeurs et traces de quatre vins et deux vins individuellement « isolé » ne correspond pas à la distribution précédente remarquée pour les sols. Elle souligne clairement l'appartenance du vin à son propriétaire-viticulteur. En effet, les quatre vins issus des parcelles Ruzard 2/Rosières, Poussot, Nonceau et Château Gimont appartiennent au même propriétaire (L. Aviet) et les deux vins issus des parcelles Ruzard 1 et Saint Laurent proviennent de viticulteurs différents (J. Morin et J. Gahier). À l'intérieur du groupe des vins provenant des parcelles de L. Aviet, il n'est pas possible d'observer de différence relative au substratum géologique, ni même relative au type de cépage, Trousseau ou Savagnin. Les différences géochimiques observées pour les vins apparaissent donc comme une distribution acquise au cours des différentes phases de l'élaboration d'un vin (vinification et stockage).

Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons donc cherché à savoir s'il existait une relation entre les éléments chimiques présents dans le vin et ceux présents dans le sol dont il est issu. Pour cela, sept parcelles viticoles situées sur la commune de Montigny-Lès-Arsures ont fait l'objet d'une étude complète pédologique et géochimique. Parallèlement, les vins ont été analysés et comparés à leur sol d'origine. Bien que les parcelles se soient révélées peu différentes d'un point de vue pédologique, car elles sont situées sur une assise de terrain marno-calcaires à calciques, l'utilisation d'une méthode de normalisation et une étude statistique par ACP des teneurs en éléments chimiques nous a permis d'identifier clairement : (i) des variations naturelles de la distribution des éléments majeurs et traces dans le solum, (ii) des contaminations métalliques de l'horizon cultivé, (iii) le lien étroit qui existe entre le sol et son substratum géologique qu'il soit en place (assises du Trias ou Lias) ou qu'il soit hérité (formations quaternaires). Pour les vins, cette étude nous a démontré à l'évidence l'effet viticulteur/propriétaire puisque l'ensemble de la distribution des éléments chimiques mesurés (54 éléments majeurs et traces) est contrôlée par l'appartenance du vin à son producteur. Cependant d'un point plus général, l'existence d'un profil géochimique caractéristique dans les sols dissocié de celui du vin n'est pas ici démontrée ; en effet, la réalité du terrain est de manière évidente que nous sommes dans un contexte pétrographique et sédimentaire homogène : les marnes et les calcaires marneux du Trias et du Lias, les formations superficielles quaternaires issues de ce substratum. L'outil statistique aura donc tendance à amplifier de faibles variations géochimiques. Par contre, le vin par son parcours singulier s'associe directement par l'outil statistique aux modifications imposées par le vinificateur. Cette intégration du profil chimique dépasse aussi l'utilisation de différents cépages cultivés sur des parcelles viticoles possédant un substrat identique.

Comme beaucoup d'auteurs (Scarponi *et al.*, 1982 ; Asselin *et al.*, 1983 ; Maarse *et al.*, 1987 ; Moret *et al.*, 1994 ; Day *et al.*, 1995b ; Sauvage *et al.*, 2002), nous concluons cette étude en affirmant que la notion de terroir se définit bien par l'assimilation des trois composantes : un sol, un climat et un viticulteur. Les relations entre la composition chimique du vin et le spectre géochimique du sol dont il est issu reste encore un champ disciplinaire pour l'investigation scientifique en pédologie et géochimie environnementale. Comme il convient d'étendre notre démarche aux premiers stades de la vinification (moûts et premiers jus de vendange), il nous semble indispensable d'envisager ces travaux pour d'autres cépages et d'autres régions viticoles.

Remerciements : Cette étude n'aurait pu être menée à bien sans le concours et la disponibilité des viticulteurs de la commune de Montigny-lès-Arsures, avec en particulier messieurs Bacchus, alias Lucien Aviet, Joël Morin et Michel Gahier. Nous remercions chaleureusement également pour leur aide scientifique et technique, Corinne Parat, Marie-jeanne Milloux et Sophie Hachaire.

Références bibliographiques

- Arvanitoyannis, I.S., Katsota M.N., Psarra, E.P., Soufleros, E.H., Kallithrake, S. -1999. Application of quality control methods for assessing wine authenticity : use of multivariate analysis, *Trends of food Sci. Techn.*, vol. 10, 321-336.
- Asselin, C., Morlat, R., Léon, H., Robichet, J., Remoué, M., Salette, J. -1983. Méthode d'analyse sensorielle adaptée à la caractérisation des vins rouges issus de terroirs différents, *Sci. Alim.*, 3, 245-263.
- Baxter, M.J., Crews, H.M., Dennis, M.J., Goodall, I., Anderson, D. -1997. The determination of the authenticity of wine from its trace element composition, *Food chemistry*, 60, 443-450.
- Campy, M. in France, B. -2002. Grand atlas des vignobles de France, Ed. Solar, 154-159
- Day, M.P., Zhang, B.L., Martin, G.J. -1994. The use of trace element data to complement stable isotope methods in the characterization of grape musts, *Am. J. Enol. Vitic.*, 45, 79-85.
- Day, M.P., Zhang, B.L., Martin, G.J. -1995 A. Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition. differentiation of the principal production zones in France for the 1990 vintage, *J. Sci. Food Agric.*, 67, 113-123.
- Day, M.P., Zhang, B.L., Martin, G.J., Asselin, C., Morlat, R. -1995 B. Essai de caractérisation du millésime et de la zone de production des vins à l'aide de traceurs métalliques et isotopiques, *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, 29, 75-87.
- France, B. -2002. Grand atlas des vignobles de France, Ed. Solar, 154-159.
- Galani-Nikolakaki, S., Kallithrakas-Kontos, N., Katsanos, A.A. -2002. Trace element analysis of Cretan wines and wine products, *The Science of Total Environment*, 285, p. 155-163.
- Greenough, J.D., Longerich, H.P., Jackson, S.E. -1997. Element fingerprinting of Okanagan Valley wines using ICP-MS: Relationships between wine composition, vineyard and wine colour, *Austral. J. Grape Wine Res.*, 3, 75-83.
- Herrero-Latorre, C., Medina, B. -1990. Utilisation de quelques éléments minéraux dans la différenciation des vins de Galice de ceux d'autres régions d'Espagne, *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, 24, 147-156.
- Kwan, W., Kowalski, B.R., Skogerboe, R.K. -1979. Pattern recognition analysis of elemental data. Wines of *Vitis vinifera* cv. Pinot noir from France and the United State, *J. Agric. Food Chem.*, 27, 1321-1326.
- Kwan, W., Kowalski, B.R. -1980. Pattern recognition of gas chromatographic data. Geographic classification of wines of *Vitis vinifera* cv. Pinot noir from France and the United State, *J. Agric. Food Chem.*, 28, 356-359.
- Latorre, M.J., Garcia-Jares, C., Medina, B., Herrero, C. -1994. Pattern recognition analysis applied to classification of wines from Galicia (Northwestern Spain) with certified brand origin, *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1451-1455.
- Maarse, H., Slump, P., Tas, A.C., Schaefer, J. -1987. Classification of wines according to type and region based on their composition, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 184, 198-203.
- Martin, G.J., Mazure, M., Jouitteau, C., Martin, Y.L., Aguilé, L., Allain, P. -1999. Characterization of the geographic origin of Bordeaux wines by a combined use of isotopic and trace element measurements, *Am. J. Enol. Vitic.*, 50, 409-417.
- Moret, I., Scarponi, G., Cescon, P. -1994. Chemometric characterization and classification of five Venetian white wines, *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1143-1153.
- Sauvage, L., Frank, D., Stearne, J., Millikan, M.B. -2002. Trace metal studies of selected white wines : an alternative approach, *Analytica Chimica Acta*, 458, 223-230.
- Scarponi, G., Moret, I., Capodaglio, G., Cescon, P. -1982. Multiple discriminant analysis in the analytical differentiation of Venetian wines. 3. Reelaboration with data of the samples of 1979 vintages Prosecco wine, *J. Agric. Food Chem.*, 30, 1135-1140.
- Yunianta, Zhang, B.L., Martin, G.J., Asselin, C., Schaeffer, M. -1995. Essai de caractérisation du cépage des vins par analyse isotopique des éléments légers, *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, 29, 89-98.