

# CARACTÉRISATION DE LA COMPOSANTE GÉOLOGIQUE DE PARCELLES DU VIGNOBLE DE GAILLAC (TARN, MIDI-PYRÉNÉES) INCIDENCES SUR LA DÉTERMINATION DES UNITÉS DE TERROIR DE BASE ET SUR LE CHOIX DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

## GEOLOGICAL CHARACTERISATION OF PLOTS BELONGING TO THE GAILLAC VINEYARD (TARN, MIDI-PYRÉNÉES) - CONSEQUENCES ON THE DETERMINATION OF BASIC TERROIR UNITS (BTU) AND THE CHOICE OF VEGETATIVE MATERIAL

P. COURJAULT-RADE<sup>1\*</sup>, Marguerite MUNOZ<sup>1</sup> et N. HIRISSOU<sup>2</sup>

1 : Laboratoire des Mécanismes de Transferts en Géologie (LMTG), UMR 5563 CNRS,  
14, avenue E. Belin, 31400 Toulouse (France)

2 : Domaine du Moulin, chemin de Bastié, 81600 Gaillac (France)

**Résumé :** L'analyse géologique de parcelles appartenant à l'AOC Gaillac, situées au sein du terroir des « Graves de rive gauche du Tarn », conduit à déterminer trois Unités de Terroir de Base au potentiel viticole distinct. Afin d'identifier les facteurs limitant qualitatifs, la caractérisation de certains paramètres discriminants a été entreprise sur l'une des unités la plus favorable au point de vue de la régulation en eau : pente marquée et nature filtrante de l'horizon de graves. Les résultats obtenus, associés aux valeurs du pH et de la CEC, orientent le choix du matériel végétal le plus adapté quant à l'obtention d'un effet terroir optimal.

**Summary :** Detailed geological analyses of plots belonging to the «AOC Gaillac» area have been carried out in order to address one of the main natural component ruling the terroir effect process. These plots belong to terraces of the left bank of the Tarn river which coincides with one of the three main terroirs of the AOC area. Precisely, the analysed plots are localised on the rissian-aged ( $\approx 200\,000$  yrs B.P.) terrace composed of alluvial shelves crosscut by small valleys where the Oligocen (ca. 28 My) marly molassic basement outcrops. Three different Basic Terroir Units (BTU) have been identified : terrace shelf, terrace slope and comb. Each of them has specific viticultural potentialities related to its topographical, geological and pedological characteristics. Representative profiles have been analysed in each BTU. Field analysis has evidenced that all rocks material have derived from Rissian alluvial deposits due to solifluxion processes when part of the alluvial material deposited on the terrace shelf has slept onto the slope overlying the marly Oligocen molassic basement. This solifluxion phase has taken place during the late-glacial Würmian climatic oscillations interval (Böllering-Alerod episode ca. 12,000 years BP). Afterwards, during the Holocene period (i.e. the last 10,000 years) the alluvial-derived material has suffered pedogenetic alteration. The nature of the resulting alterites depends on the initial topographic situation inherited from the late-Würmian solifluxion phase. On the terrace shelf the soil sequence begins by a reddish clayey horizon (up to 0,6m) because of the erosion of the eluvial horizon during the last 10,000 years. It is followed by a thick ( $\approx 1$ m average) reddish coarse-pebble horizon rich in clays and iron oxydes. On the terrace slope, characteristics luvisols have developed composed by an eluvial silty-sandy horizon (up to 0.60 m) overlying an illuvial pebble-sand level (up to 3m) where clays and ferrous oxydes are moderately accumulated. Finally, the thick (> 2m) dark silts and clays sequence (with scattered gravels and small pebbles) of the comb derive from the deposition of eroded soil material of the above terrace shelf and slope units (colluvium).

On the basis of the role of high qualitative limiting factor played by the water stress parameter such as quality of drainage, permeability of soils, the down-side slope terrace unit appears as the most appropriate unit because of its slope gradient combined with the occurrence of a thick permeable pebble-sand sequence. Finally, combination of physical and chemical results - acidic pH and very low CEC - permits to recommend the Gravesac rootstock adapted to well-drained acidic soils and Syrah/Fer Servadou climatic-adapted grapevine varieties as the most suitable vegetative material. In addition, the knowledge of the geological component at the scale of the basic units allows for the adaptation of some cultural practices in order to enhance the viticultural potentialities of the plots. In order to encourage the vine's roots to dig deep and reach the sandy-pebbles horizon, two cultural possibilities are proposed: inter-row grassing associated with the « inter-plant » method or earthing down under the row associated with inter-row ploughing. The choice will depend on the soil erosion amplitude if the inter-row ploughing method is used.

The analysis demonstrates the efficiency of detailed geological survey using BTU concept as an operational tool. Further, it enhances that the geological component can be regarded as an amplification point of the terroir system as any alteration - even of minor importance - of the geological parameters, may have noticeable consequences on the resulting terroir effect.

**Mots clefs :** AOC Gaillac, géologie, morphologie, matériel végétal, effet terroir

**Key words:** AOC Gaillac, geology, morphology, vegetative material, terroir effect

## INTRODUCTION

La viticulture française, et plus généralement européenne, est en pleine mutation. La concurrence mondiale couplée à une demande de qualité, conduit la profession à une nouvelle stratégie de production. Dans ce contexte, l'effet terroir résultant de la combinaison de plusieurs facteurs liés au milieu naturel (géologie, morphologie, pédologie et climat), à des facteurs agronomiques (porte-greffe et cépages) et à des facteurs humains (pratiques culturales et œnologiques), est un axe de valorisation et de recherche privilégié (MORLAT, 2001 ; VAN LEEUWEN et CHERY, 2001 ; MORLAT et MEINEN, 2003). De ce fait, la caractérisation du substrat géologique qui conditionne les caractères physico-chimiques des sols, représentant l'un des paramètres majeurs de spécification du terroir (WILSON, 1998), devient un objet d'analyse incontournable en viticulture (BOHRICH, 1996 ; HAYES, 1999). La définition d'unités parcellaires homogènes s'impose de plus en plus pour tirer le meilleur parti d'un vignoble. Cette démarche repose sur la notion d'Unité Terroir de Base (UTB sensu MORLAT, 2001), qui constitue une entité au sein de laquelle la vigne peut être considérée comme ayant un fonctionnement homogène lié au milieu physico-chimique.

Les travaux présentés correspondent à la caractérisation d'un certain nombre de facteurs physico-chimiques de parcelles appartenant à l'aire d'appellation « AOC Gaillac » (Fig. 1a), situées sur le terroir dit de « rive gauche du Tarn » (Fig. 1b). Après un aperçu sur les conditions climatiques et les aspects paysagers et géomorphologiques, l'analyse de la composante géologique est réalisée à partir de relevés de terrain complétés par l'observation de pro-

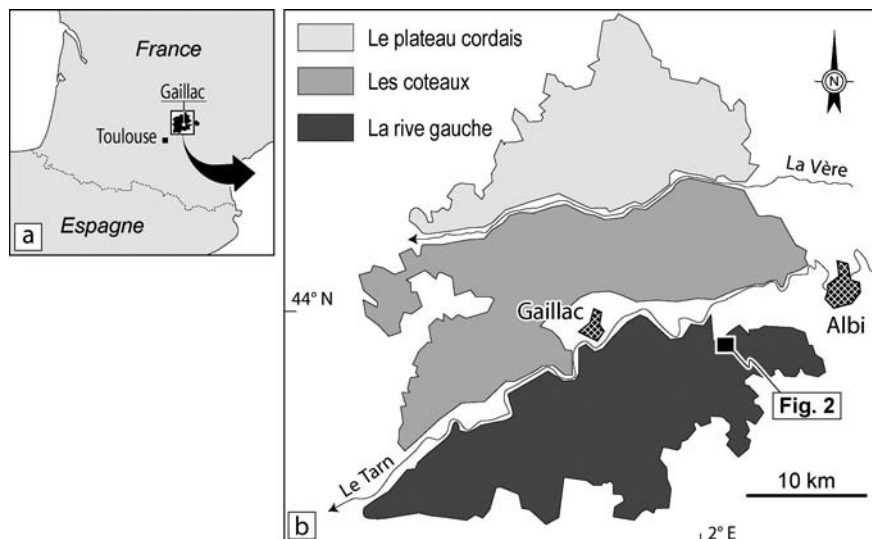
files permettant l'examen des principales caractéristiques physiques et chimiques des sols. Ces résultats conduisent d'une part à la caractérisation de parcelles ayant un fonctionnement homogène ou UTB sensu MORLAT (2001), et d'autre part, constituent la base à la détermination du choix du matériel végétal, porte-greffes et cépages, dans un but d'optimisation d'une production de qualité basée sur les facteurs limitants d'un point de vue des composantes géologique, pédologique et chimique du terroir. Par la suite, le suivi sur le long terme des parcelles sera entrepris, dans le but de caractériser les effets de la composante physico-chimique du terroir sur la typicité des vins qu'y seront produits.

## LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Les quelques 3000 hectares de l'appellation « AOC Gaillac », situés dans l'ouest du département du Tarn, à une cinquantaine de kilomètres au nord de Toulouse (Fig. 1a), représentent une production totale de 175 000 hectolitres pour environ 22 millions de bouteilles, près de 120 vigneron indépendants, 3 coopératives regroupant environ 250 vigneron et un chiffre d'affaire annuel d'environ 40 millions d'euros d'après les données 2000 de la Chambre d'Agriculture du Tarn.

Cette aire d'appellation est classiquement divisée en trois grands terroirs (Fig. 1b) :

- le Plateau du Cordais au nord-ouest,
- les Coteaux de la rive droite du Tarn,
- les Terrasses de la rive gauche du Tarn.



**Fig. 1 - a - Localisation de l'aire d'appellation Gaillac**  
**b - Les 3 grands terroirs de l'AOC Gaillac avec la localisation des parcelles analysées**  
**a - The 3 main terroirs of the « AOC Gaillac » with location of the analysed plots**  
**b - Location of the « AOC Gaillac » area**

C'est au sein du terroir des «Terrasses de rive gauche» que se localisent les parcelles faisant l'objet de la présente analyse. Plus précisément, les parcelles analysées appartenant au « Domaine du Moulin », se localisent à environ 10 Km au sud de la ville d'Albi, sur le territoire de la commune de Florentin (Fig. 1b).

## APERÇUS GÉOMORPHOLOGIQUE ET PAYSAGER

Les parcelles du Domaine du Moulin appartiennent morphologiquement à l'ensemble dit de la « terrasse moyenne de la rivière Tarn » qui culmine à environ 200 m d'altitude et domine les basses terrasses d'environ 40 m (Fig. 2a). Cette terrasse moyenne est morcelée par un réseau de cours d'eau secondaires issus des coteaux situés plus en amont, formant une succession de petites vallées d'orientation NW-SE et de lobes morphologiques (Fig. 2a). Les versants de ces vallées sont en général dissymétriques: les versants exposés au sud étant relativement inclinés et les couches géologiques du substratum peuvent localement affleurer ; à l'opposé les versants exposés au nord, présentent une morphologie plus adoucie en liaison avec la présence de coulées de solifluxion, produites à la fin de la dernière période glaciaire quaternaire dite du Würm (vers - 12 000 ans) (CAVILLE, 1973).

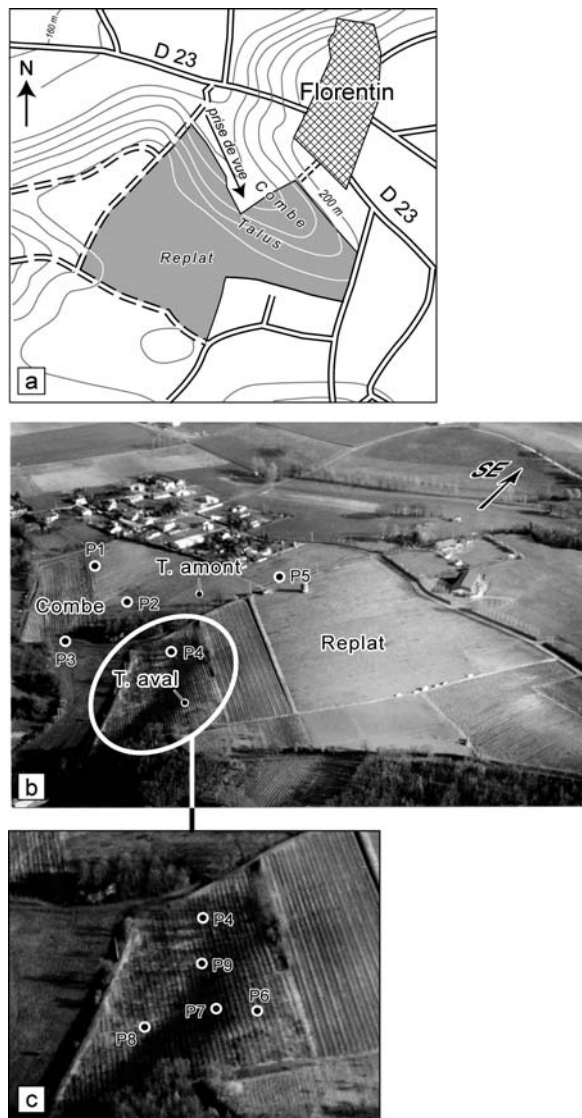
La carte topographique (Fig. 2a) associée à la vue aérienne (Fig. 2b), conduit à préciser la localisation morphologique des différentes parcelles étudiées.

Elles s'étendent sur trois ensembles morphologiques distincts (Fig. 2b): le replat de terrasse correspondant à une portion de la terrasse moyenne, le talus de cette terrasse orienté vers le nord, et au sein de la combe d'axe NW-SE, formée par l'une des vallées secondaires.

Dans le détail, on constate que (Figs. 2a et 2b) :

- le replat de terrasse forme la plus grande des parcelles, très plate avec une altitude variant entre 205 m et 211 m ;

- le talus de terrasse se caractérise par un profil transverse classique d'un versant mature marqué par une pente très faible au début, s'accroissant assez rapidement sur toute la moitié supérieure puis s'atténuant de nouveau vers la base. Il montre également une variation topographique majeure selon l'axe de la vallée secondaire marquée par une diminution rapide de la pente vers l'amont dans la zone de naissance de la vallée. Selon cette organisation topographique, on différenciera deux parties, un talus amont et un talus aval. En outre, au sein de la parcelle « talus aval » des irrégularités topographiques secondaires sont observées selon un axe NW-SE (Fig. c). Elles prendront toute leur importance quant au choix des cépages.



**Fig. 2**

- a - Carte topographique au 1/25 000 du secteur analysé avec localisation des différentes unités morphologiques**
  - b- Vue aérienne de l'ensemble des parcelles du Domaine du Moulin avec la localisation des différents profils et des unités morphologiques**
  - c- Zoom sur la parcelle « Talus aval » avec localisation des profils**
- a - 1/25 000 topographic map of analysed plots with location of the morphological units  
 b - Aerial photography of analysed plots with location of the profiles and morphological units  
 c - Focus on the down-side slope terrace unit with location of the analysed profiles

- La combe, de direction globale NW-SE, montre une atténuation graduelle de son profil vers l'amont, jusqu'à sa disparition. Aucun écoulement permanent n'est observé et le point le plus bas est situé à 178 m.

Au point de vue paysager, les zones plates se caractérisent par un paysage du type agricole ouvert avec très peu de haies et seulement quelques bosquets résiduels (Fig. 2b). Ces derniers sont surtout concentrés le long des talus qui marquent les transitions entre les deux terrasses basse et moyenne ou sur les versants exposés au sud plus raides que leurs équivalents exposés au nord. La série sub-méditerranéenne du chêne pubescent qui domine (RUFFONI et DESCAMPS, 1989) témoignant de conditions de température, de sécheresse et de drainage globalement favorables au vignoble.

## APERÇU CLIMATOLOGIQUE

L'Albigeois auquel appartient la commune de Florentin, se situe au sein d'une zone où le climat océanique prédomine. Cependant, les influences méditerranéennes y sont relativement fréquentes, particulièrement en été et en automne. Cette dominante océanique agrémentée d'incursions méditerranéennes, se trouve également modifiée par les effets d'un vent sec et chaud (de type foehn), en provenance de méditerranée qui est connu sous la dénomination régionale de « Vent d'Autan ». Si ce dernier souffle moins souvent et avec nettement moins de vigueur que dans le Toulousain voisin, ses effets sont cependant notables sur la vigne. Il est responsable de l'assèchement très rapide des terres soumises à son influence et peut, en l'espace de 2 à 3 jours, accroître de 1 à 2° le degré alcoolique des raisins au moment des vendanges (COURJAULT-RADE *et al.*, 2001)

D'après les travaux concernant l'indice thermique, le secteur de Florentin se situe dans une zone globalement assez chaude, marquée par des températures moyennes au printemps et chaudes en été (DELAUNOIS, 1993). Plus précisément, les données de la station météorologique située à moins de 2 km des parcelles analysées à une altitude proche de 200 m, indique une température annuelle moyenne de 14,2 °C (moyenne des minima 8,7 °C et moyenne des maxima : 19,5 °C) sur la période 1999/2003 et une pluviométrie annuelle moyenne de 811 mm. L'ensoleillement atteint une moyenne de 2 115 heures/an.

## ANALYSE DE LA COMPOSANTE GÉOLOGIQUE

### I - DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les parcelles du Domaine du Moulin appartiennent au terroir des graves correspondant aux terrasses alluviales de la rivière Tarn (Fig. 1b) Ces terrasses étagées,

s'échelonnent de l'Holocène (-10 000 ans) à l'Actuel pour la plus récente, au Mindel (environ - 600 000 ans) pour la plus ancienne. Les parcelles étudiées se localisent sur les moyennes terrasses du Tarn datées du Riss (CAVILLE, 1973) soit d'un âge compris entre 300 000 et 130 000 ans BP (fig. 3a).

Ces terrasses fluviales rissiennes reposent sur un substratum molassique d'âge rupélien (Oligocène inférieur ca. -32 millions d'années) à dominante marseuse ou calcaire (CAVILLE, 1973) (Fig. 3a).

D'après la carte géologique au 1/50 000 (CAVILLE, 1973) (Fig. 3b), le talus et la combe seraient constitués de terrains à dominante calcaire constitutifs du substratum molassique (notés g1c) alors que le replat, est lui, constitué de terrains alluviaux appartenant à la moyenne terrasse du Tarn (noté fx2).

### II- ANALYSE DES PROFILS

#### 1) Localisation

Afin de préciser les informations données par la carte géologique et d'analyser in situ les composantes géologiques et pédologiques des différentes parcelles, un certain nombre de profils a été effectué. Au nombre de 9, leur localisation avait pour but de délimiter les parcelles selon les paramètres morphologiques et géologiques et, en particulier, de cerner avec précision les caractéristiques de la parcelle devant faire l'objet de replantation en priorité. Ainsi, on distingue (Figs 2b, 2c et 3a) :

- le replat de terrasse, représenté par le profil 5,

- le talus de terrasse, représenté par les profils 1 et 2 pour sa partie amont et les profils 4, 6, 7, 8 et 9 pour sa partie aval (dont la parcelle correspondante est le site défini pour la première phase de replantation). Plus précisément, dans le cas de la partie amont du talus ( $T_{\text{amont}}$ ) (Fig. 2b), le profil 1 se situe vers le tiers inférieur, le profil 2 se situe vers la base, plus à l'aval que le précédent, au sein d'une zone légèrement déprimée. Dans le cas de la partie aval du talus ( $T_{\text{aval}}$ ) (Fig. 2c), le profil 6 se situe au sommet, les profils 4, 9 et 7 se situent tous à mi-versant, là où la pente est la plus marquée et localisés selon un axe parallèle à la vallée secondaire ; enfin, le profil 8 est situé à la base.

- la combe, représentée par le profil 3, situé dans l'axe même de la dépression et dans la partie la plus basse de l'ensemble des parcelles analysées.

### III - RÉSULTATS (figures 4 et 5)

Le substratum molassique constitué de marnes est surmonté par 1 à 3 m de recouvrement d'origine alluvial qui se différencie en 3 niveaux.

1) Cas du replat de terrasse

Les 3 niveaux associés au profil 5 sont tous de teinte brun-rougeâtre. Soit, de haut vers le bas :

- Un niveau superficiel enrichi en galets, anthropisé et très riche en racines et radicules ;
- Un niveau limono- argileux (0,60 m) avec quelques galets (< 10 %) de petite taille (< 8-10 cm) et graviers ;
- Un dernier niveau (1,10 m) constitué essentiellement de galets rubéfiés (> 60-70 %) au sein d'une matrice argileuse plastique très enrichie en oxydes divers (manganèse, fer...) et marqué par la présence d'argiles grisâtres surmontant directement la molasse marseuse.

2) Cas du talus de terrasse (T)

a) Talus « amont »

La séquence des deux profils 1 et 2 représentatifs de la partie amont du talus de terrasse est constituée d'un niveau superficiel anthropisé riche en galets, surmontant un niveau limono-argileux (profil 2) ou limono-sableux (profil 1) lui-même situé au-dessus d'un niveau de galets et graviers plus ou moins épais.

C'est l'épaisseur de ce niveau à galets qui différencie les deux profils. Le niveau de graves représente environ 1m d'épaisseur dans le cas du profil 2 et est caractérisé par une matrice de graviers de quartz parsemée de taches rouille. Dans le cas du profil 2 localisé au sein d'une zone légèrement déprimée du tiers inférieur du talus, le niveau de galets représente à peine 20 cm avec une matrice à dominante argileuse (avec de rares taches rouilles) et les quelques 80 cm de graves manquants sont constitués d'un matériel également à dominante argileuse (Fig. 4).

b) Talus « aval » (Fig. 5)

Sommet (profil 6)

De haut en bas, on distingue :

- Un niveau anthropisé riches en galets (≈ 40 %) avec de nombreuses racines et radicules (10-15 cm) ;
- Un niveau (0,40 m) limono-argileux brunâtre riche en graviers (> 60 %) sans taches rouille ;
- Un niveau au minimum de 3 m d'épaisseur (le substratum molassique n'a pas été atteint) constitué de gros galets (> 60 %) dans une matrice limono-argileuse brune pendant les premiers 40 cm, puis essentiellement argileuse de teinte rouille prononcée avec quelques passées grisâtres surtout vers la partie inférieure.

Mi-pente (profils 4, 9 et 7)

De haut en bas, on distingue trois niveaux qui surmontent le substratum :

- Un niveau superficiel anthropisé dont l'épaisseur dépasse à peine 15 à 20 cm, très riche en galets (> 70 %) et graviers de quartz. Les racines et radicules y sont particulièrement bien développées.
- Un niveau d'épaisseur variant entre 30 et 70 cm, de teinte brunâtre assez claire, limono-sableux à graveleux (grains de quartz et graviers) avec seulement quelques galets (cas du profil 4) ou assez nombreux (cas du profil 9). En général, les racines sont encore présentes bien que nettement moins nombreuses qu'au sein du niveau superficiel sus-jacent, et restent de toute façon limitées à la moitié supérieure de l'horizon considéré.
- Un niveau variant de 0,75 à 1,20 m constitué de nombreux galets de quartz hétérométriques (5 à 15 cm de diamètre à plus de 80 cm) au sein d'une matrice à grains

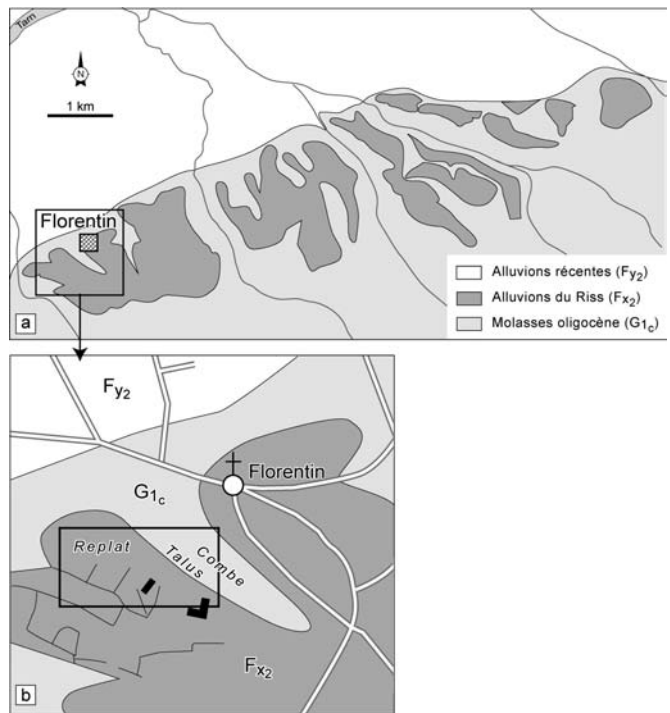


Fig. 3

**a - Carte géologique de la « terrasse moyenne du Tarn » (d'après CAVAILLE, 1973)**

Terrain géologiques / Fy2 : alluvions récentes ; Fx2 : alluvions du riss ; G1c : molasses oligocènes.

**b - Carte géologique des parcelles analysées avec la localisation des principaux profils (terrains géologiques : voir figure 3a)**

**a - Local scale geological map (from CAVAILLE, 1973)**

Geological terranes / Fy2 : recent alluvial deposits ; Fx2 : rissian alluvial deposits ; G1c : oligocen molasses.

**b - Geological map of the analysed plots with location of the main profiles (geological symbols: see figure 3a)**

de quartz et/ou sableuse à faible proportion d'argile (< 10 %), soit essentiellement brunâtre avec quelques taches rouille.

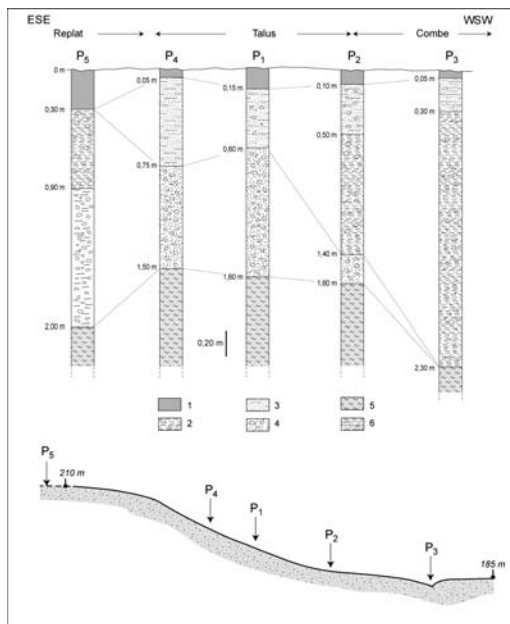
Dans l'ensemble des profils, la teinte rouille s'intensifie vers la base de la séquence en corrélation avec un accroissement des teneurs en argiles qui peuvent présenter des passées grisâtres. Les galets et graviers de ce niveau sont identiques à ceux appartenant à la terrasse d'âge rissienne sus-jacente. De très rares racines sont encore observables au sein de ce niveau.

Le substratum molassique, atteint entre 1,30 m et plus de 3 m de recouvrement alluvial, est constitué de marnes à faible proportion de carbonates (effervescence faible).

**Base (profil 8)**

On retrouve les trois niveaux décrits précédemment :

- Le niveau superficiel anthropisé de faible épaisseur (5-10 cm) et riche en galets ;
- Une séquence également peu épaisse (≈ 20 cm) limono-argileuse brun à galets dispersés ;



**Fig. 4 - Les séquences des différents profils analysés et reconstitution du versant associé (les échelles ne sont pas respectées)**

Symboles : 1, horizon anthropique ; 2, matériel à galets, graviers et argiles ; 3, matériel limono-sableux ; 4, matériels de galets et graviers ; 5, Molasse marneuse ; 6, matériel limono-argileux

**NW-SE section of slope terrace unit with corresponding analysed sequences (not at scale)**

Symbols / 1, anthropic horizon ; 2, pebbles, gravels and clays ; 3, silt and sand ; 4, pebbels and gravels ; 5, marly molasse ; 6, silt and clay

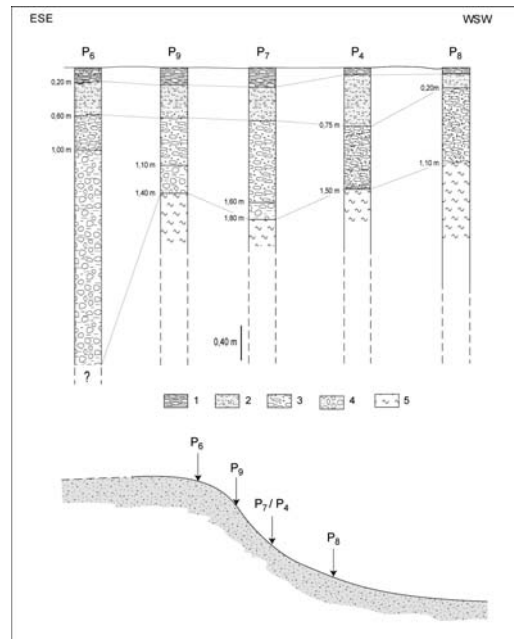
- Le niveau (environ 1 m) constitué de galets aux dimensions plus réduites et à faible proportion de matrice argilo-limoneuse brune à rares taches rouille.

C'est la plus petite taille moyenne des galets alliée à la faible représentation des passées rouille qui conduit à différencier le profil 8 représentatif du tiers inférieur du talus aval, des profils précédents.

Une synthèse des observations de l'ensemble des profils du talus permet de décrire une organisation similaire en 3 niveaux principaux dont le troisième, constitué de graves, présente une évolution sensible du haut vers le bas du talus.

Les séquences des profils correspondant au talus de terrasse se synthétisent selon l'organisation suivante :

Sous un horizon anthropisé de 10-20 cm un niveau à prédominance de limons associés soit à des argiles (profils 1, 2, 6 et 8), à des sables (profil 7), ou à des galets (profil 4) localement en assez grande proportion (profil 9) surmontant un niveau à galets et graviers enrichi en oxydes de fer surtout vers le sommet du talus (profil 6). Ce niveau de graves associé à une forte charge de sables et graviers (profils 4, 9 et 7) est plus épais vers la partie supérieure



**Fig. 5 - Séquences analysées au sein de l'unité « talus aval » et topographie correspondante (les échelles ne sont pas respectées)**

Symboles : 1, horizon anthropique ; 2, matériel limono-sableux ; 3, matériels de galets et graviers ; 4, matériel à galets, graviers et argiles ; 5, molasse marneuse

**Analysed sequences of the down-slide slope terrace unit with corresponding topography (not at scale)**

Symbols : 1 ; anthropic horizon ; 2, silt and sand ; 4, pebbles, gravels and clays ; 5, marly molasse

du talus marqué également par l'accroissement de la taille des galets (profil 6) ; par contre, son épaisseur diminue vers la base du talus corrélativement à une diminution de la taille des galets et à l'augmentation de la proportion d'argiles (profils 2 et 8).

### 3) Cas de la combe (Profil 3)

Le recouvrement du substratum molassique, se divise en deux niveaux :

- le premier, peu épais (40-50 cm), est brun assez clair et essentiellement limoneux ;

- le second représentant près de 2 m d'épaisseur, plus sombre, est argilo-limoneux.

Dans les deux cas, de petits galets (diamètre < 0,80 m) et des graviers, sont dispersés dans la matrice argilo-limoneuse.

On remarque l'absence de l'horizon constitué de galets et graviers reconnus au sein des tranchées situées sur le talus de terrasse et la quasi inexistence de passées ou taches rouille.

## IV - INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE

Les résultats précédents contrastent avec les données de la carte géologique qui indiquent que seul le replat de terrasse devrait se situer sur des terrains appartenant à la moyenne terrasse du Tarn (Fig. 3b). Si sur le replat de terrasse le niveau d'origine alluviale constitué de gros galets (diamètre 12 cm) est bien caractéristique des terrains de la moyenne terrasse et atteint environ un mètre d'épaisseur, en revanche les résultats ci-dessus montrent que le substratum molassique censé affleurer à l'endroit du talus et de la combe, est en réalité recouvert par 1,50 m à localement plus de 3 m de matériaux hétérogènes (Figs. 4 et 5). Ces derniers sont constitués, entre autres d'un niveau de galets et graviers d'origine alluviale identiques à ceux constitutifs de la terrasse rissienne sus-jacente.

Au sommet du talus aval, le niveau d'origine alluvial est constitué de gros galets hétérométriques (8 à plus de 20 cm de diamètre) est très épais (> 2 m). A mi-pente, le niveau alluvial est constitué de galets hétérométriques pouvant atteindre des diamètres de 15 cm et son épaisseur varie entre 0,6 et 1 m. Vers la base du talus, le niveau est constitué de galets en moyenne de plus petite taille que dans les cas précédents et représente environ 90 cm d'épaisseur

La partie amont du talus montre la même organisation que la partie aval et est marquée par une diminution d'épaisseur du niveau alluvial de 1 m à 20 cm, associée à une réduction de la taille des galets du haut vers la base du talus (Fig. 4).

Dans la combe, il n'existe pas de niveau de galets constitué et seuls quelques petits galets sont dispersés au sein d'un matériel à prédominance argileuse.

L'organisation du corps sédimentaire d'origine alluviale mise en évidence, avec les matériaux les plus grossiers majoritairement localisés vers le sommet du talus et les composants les moins grossiers se trouvant vers la base, correspond à la mise en place par glissement gravitaire de corps alluviaux en provenance de la terrasse rissienne située sur le replat.

Selon le mécanisme gravitaire qui préside à ce processus, le recouvrement de la molasse oligocène par des dépôts fluviatiles rissiens représentés par le niveau constitué de galets et autres graviers peut être interprété comme la conséquence de coulées de solifluxion des matériaux constitutifs de la moyenne terrasse située en amont, mises en mouvement lors de la phase humide qui a pris place à la fin du Würm (CAVAILLE, 1973).

Cette phase de réchauffement et humide tardi-glaciaire dite de Bölling-Alleröd se place entre environ 13 300 et 10 800 BP (JALUT *et al.*, 1992). Elle marque la fin de la période froide et sèche du Würm IV. Au cours de cet intervalle, le climat oscille à plusieurs reprises entre des périodes froides et sèches et des périodes plus douces et humides. C'est au cours de ces différentes phases humides que s'édifie la vallée secondaire d'axe NW-SE. Les processus de solifluxion prennent essentiellement naissance sur les versants exposés au nord en raison de la déstructuration plus poussée de leurs matériaux que dans le cas de leurs homologues exposés au sud, lors des processus de gel et dégel.

La figure 6 synthétise l'évolution géologique du secteur considéré dans l'intervalle correspondant à l'épisode Böllering-Allerod.

## V - CONSÉQUENCES SUR L'ORIGINE DES SOLS

L'une des conséquences majeures de l'observation des profils est de mettre en évidence que l'ensemble des sols constitutifs des parcelles du Domaine du Moulin proviennent de matériaux d'origine alluviale et non pour partie de marnes molassiques comme indiqué par les données géologiques initiales. En effet, suite à la phase de solifluxion à la fin du Würm, les terrains alluviaux constituant d'une part la terrasse rissienne elle-même, et d'autre part le recouvrement soliflué du substratum molassique, ont subi une évolution pédologique spécifique pendant les derniers 10 000 ans. Cette évolution dépend tout particulièrement de la position topographique.

L'identification des sols reconnus à partir de différents profils est basée sur les travaux pédologiques détaillés effectués sur des affleurements appartenant à la même terrasse moyenne du Tarn mais situés un peu plus

au sud du secteur de Florentin (BOURGEAT *et al.* 1987, 1989) et - simultanément - sur les données plus globales obtenues à partir de la carte départementale des sols établie par la Chambre d'agriculture du Tarn (DELAUNOIS, 1991). Ces travaux mettent en évidence que les sols de la terrasse moyenne du Tarn sont essentiellement de type boubènes, dénomination régionale pour des sols lessivés et hydromorphes, avec apparition de l'horizon illuvial à des profondeurs variables (de la surface du sol jusqu'à plus de 1 m) suivant l'importance de l'érosion ou, inversement, du colluvionnement.

### 1) Les sols de la zone de replat de terrasse

Un niveau rougeâtre à prédominance argileuse apparaît dès la surface. Il surmonte une séquence également de teinte rougeâtre et rouille liée à des teneurs élevées en oxydes de fer, constitués de galets rubéfiés colmatés par des argiles pouvant être grisâtres. Selon les travaux pédologiques de BOURGEAT *et al.* (1989) et DELAUNOIS (1991), cette séquence répond aux caractères d'une séquence intermédiaire entre celle distinctive d'une « boul-

bène » de terrasse graveleuse et les « rougets ». Ces rougets correspondent à des sols lessivés, hydromorphes, très superficiels (20-30 cm), rouges, argileux et riches en éléments grossiers et caractérisés par l'apparition de l'horizon BT dès la surface (DELAUNOIS, 1991). Cette séquence débutant pas un horizon argileux, laisse supposer que les horizons éluviaux ont été érodés au cours des derniers 10 000 ans.

### 2) Les sols du talus de terrasse

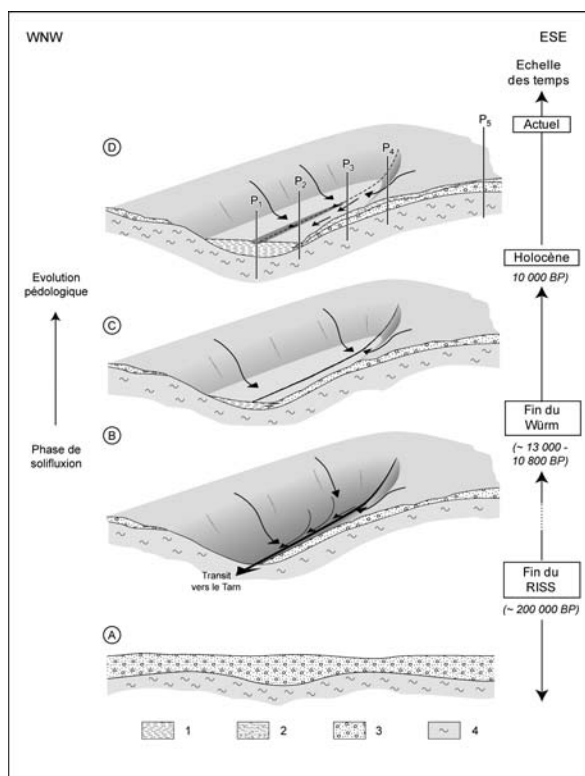
L'ensemble des profils montre la succession d'un niveau appauvri en argile, limono-sableux à sableux, pauvre en fer (absence de taches rouille) surmontant le niveau de galets et de graviers. La proportion d'argiles au sein de ce niveau de graves, reste faible à modérée. Le colmatage des galets est limité, la matrice étant à prédominance sableuse et à graviers de quartz. Cependant, on constate la présence d'un horizon enrichi en argile et oxydes de fer d'épaisseur variable (jusqu'à 30 cm) et discontinu au contact entre le niveau à galets et le substratum molassique. La seule exception à ce schéma, coïncide avec le sommet du talus (profil 6) dont le niveau de grave se caractérise par une teinte rouille généralisée et par des galets enrobés par des argiles parfois de teinte grisâtre.

Ainsi, l'ensemble des profils montre la succession d'un niveau témoignant d'un lessivage modéré des argiles surmontant un niveau qui au contraire marque un enrichissement en argile et en oxydes de fer. Les teneurs en argiles et oxydes s'accroissent au contact avec la molasse sous-jacente.

En accord avec les travaux de DELAUNOIS (1991), l'ensemble de ces sols associés au talus de terrasse caractérisé par la succession d'un horizon éluvial (ou horizon E) et d'un horizon illuvial (ou horizon BT), correspond à des luvisols, aux textures plus ou moins graveleuses et limoneuses (luvisols à charges grossières ou luvisols graveleux). En outre, la présence d'argiles grisâtres vers l'interface graves/molasse suggère une accentuation de la tendance à l'hydromorphie. Ce constat est en accord avec les quelques concrétions ferromanganiques, des taches sombres et grises que l'on peut observer au sommet de la molasse indiquant l'occurrence d'une zone saturée, au moins temporairement.

### 3) Les sols de la combe

Les niveaux de galets et graviers sont absents et l'essentiel de la séquence est constitué de matériaux argilo-limoneux sans taches rouille et avec quelques petits galets (et graviers) dispersés. La proportion de limons s'accroît vers la surface (teinte plus claire). Cette séquence résulte des phénomènes de colluvionnement, essentiellement des limons et argiles en provenance des zones situées plus



**Fig. 6 - Synthèse de l'évolution géologique et pédologique du Riss à l'Actuel avec localisation des principaux profils**

Symboles : 1, argile ; 2, Limons et sables ; 3, graviers et galets ; 4, molasse.

**Synthesis of Riss to Present-Day geological/pedological evolution with localisation of the main profiles**

Symbols : 1, clay; 2, silt and sand; 3, gravel and pebbles; 4, molasse



en amont, intervenus au cours de l'Holocène, en accord avec la configuration en dépression associée à la présence du cours d'eau.

Cette configuration marquée par un horizon lessivé E très épais suite au colluvionnement limoneux important provenant lui-même des horizons elluviaux des sols situés en amont correspondent à des « boubènes de terrasse très profondes » au sens donné par DELAUNOIS (1991).

## VI - CONSÉQUENCES SUR LA DÉTERMINATION DE LA PARCELLE OPTIMALE

Les caractéristiques géologiques, pédologiques et topographiques précédemment exposées sont autant de paramètres de premier ordre quant à la caractérisation des différentes Unité de Terroir de Base qu'il s'avère possible de définir au sein des parcelles du Domaine du Moulin.

### 1) Paramètre topographique

L'apparente homogénéité des 13 hectares de parcelles analysées masque une diversité des dépôts géologiques et une variabilité importante des profils en fonction de la topographie laissant supposer une variabilité du potentiel viticole des sols. On discerne ainsi trois unités coïncidant spatialement avec la morphologie du secteur, à savoir : le replat de terrasse, le talus de terrasse et la combe.

C'est dans le secteur à pente la plus forte, dont les conditions de drainage sont les meilleures, qui sera la plus favorable concernant le facteur limitant qualitatif qu'est la contrainte hydrique (e.g. VAN LEEUWEN et SEGUIN, 1994). En conséquence, c'est la parcelle qui correspond à la partie aval du talus de terrasse, présentant la pente maximale, qui répond le mieux à ce critère topographique. Il est à noter que les traces d'hydromorphie décelées au sein des différents profils de cette parcelle « talus aval » restent faibles (sauf vers le sommet) et inexistantes vers la partie inférieure du talus (profil 8). Seules des taches rouille s'observent vers le contact entre le niveau de graves et la roche mère molassique associées à quelques indices de saturation au sein de ce substratum molassique. Cette situation témoigne d'une circulation hydrique préférentielle à l'interface graves/molasses. Elle revêtira un intérêt certain quant à la possibilité de régulation du stress hydrique à certaines époques déterminées (voir ci-après).

Dans le détail, la parcelle « talus aval » est marquée elle-même par des variations topographiques transversales (selon un axe SW-NE). Ce paramètre topographique secondaire sera pris en compte lors du choix de la localisation des différents cépages.

### 2) Paramètre perméabilité

Au point de vue de l'effet terroir, c'est le niveau constitué de galets et graviers d'origine alluviale qui présente le plus d'intérêt. C'est en effet le niveau qui se caractérise par une forte perméabilité contrôlant directement le régime hydrique. Dans ce schéma, c'est de nouveau le talus de terrasse qui apparaît comme la parcelle la plus adéquate étant donné le rôle filtrant des galets et graviers qui sont peu colmatés par les argiles, lui conférant ainsi une forte perméabilité globale. En revanche, le replat de terrasse et la combe, marqués par la prédominance des argiles colmatant les graviers et les galets ne sont pas des plus propices en ce qui concerne le paramètre perméabilité.

En croisant les paramètres « drainage » et « perméabilité », c'est l'unité « Talus de terrasse aval », excepté sa partie la plus sommitale, qui est la zone la plus adéquate de part sa pente assurant un drainage optimal et de la présence du niveau filtrant à galets et graviers. C'est cette parcelle qui a été choisie pour être replantée en priorité dans un objectif de qualité.

## RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DE L'UNITÉ DE BASE « TALUS AVAL »

Des cinq profils effectués sur l'unité « talus aval », c'est le 4, situé à mi-pente (Fig. 4), qui correspond le mieux aux critères de représentativité de l'ensemble de la parcelle. Les analyses chimiques ont donc été effectuées sur l'ensemble de ce profil (Fig. 7).

Le pH du sol et la CEC ont été analysés à partir d'échantillons prélevés au sein de chacun des niveaux du profil.

### I - MESURE DU PH

Les valeurs de pH sont très contrastées selon les niveaux (Fig. 7).

Le niveau de surface anthropisé est proche de la neutralité avec un pH égal à 6,0.

À l'opposé, les deux niveaux sous-jacents présentent une assez forte acidité avec des pH de 4,8 et 4,9.

Enfin, le substratum molassique est alcalin (pH = 8,1). Cette dernière valeur est explicable par l'effet tampon des terrains carbonatés du niveau de molasse à dominante marneuse.

L'absence d'effet tampon des deux niveaux intermédiaires est liée à la prédominance des minéraux siliceux. Par contre, le pH proche de la neutralité en surface

a été, *a priori*, remonté par les chaulages successifs confirmant ainsi son anthropisation.

## II - MESURES DE LA CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE (CEC)

La CEC a été déterminée en dosant la quantité de tous les cations échangeables soit la somme de la base échangeable, représentée par  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  à laquelle on adjoint les ions  $\text{H}^+$  et  $\text{Al}^{3+}$  correspondant à l'acidité d'échange. La concentration en  $\text{H}^+$  intervenant dans la CEC est calculée à partir de la différence des valeurs de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ .

De la surface vers le substratum molassique, on constate une évolution sensible (Fig. 7).

### 1) Le niveau superficiel anthropique

Il se caractérise par une CEC totale faible de 4,95 méq/100 g et une concentration en  $\text{H}^+$  très faible de 0,006 méq/100 g, en accord avec des valeurs du pH proche de la neutralité.

### 2) Le niveau limono-sableux (ou horizon E)

Il est marqué par une CEC totale qui reste très faible de 1,27 méq/100 g et par un net accroissement (multiplié par 7) de la concentration en  $\text{H}^+$  passant de 0,006 méq/100 g à 0,043 méq/100 g conformément à la valeur acide du pH.

### Le niveau de graves (ou horizon BT)

Il représente le niveau d'intérêt viticole. La CEC tout en restant faible, est cependant plus de 6 fois supérieure au niveau limono-sableux sus-jacent passant de 0,88 méq/100 g à 5,74 méq/100 g, la valeur du pH restant néanmoins très proche (4,90 à comparer à 4,80).

Dans tout les cas, la CEC est largement dominée par le calcium qui représente entre 70 et 80 % de la capacité totale associé aux ions  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$  dont les proportions varient entre 20 et 25% et les ions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  et  $\text{Al}^{3+}$  qui eux représentent moins de 5 % du total.

Dans le détail, on constate que seules les concentrations en  $\text{Mg}^{2+}$  varient de manière significative d'un niveau à l'autre. En particulier, entre le niveau limono-sableux et celui constitué de graves, les concentrations en  $\text{Mg}^{2+}$  varient dans un rapport de 1 à 13 soit de 0,085 méq/100 g pour l'horizon E à 1,15 méq/100 g pour l'horizon BT.

L'ion  $\text{K}^+$ , par contre, ne varie pas passant de 0,203 méq/100 g à 0,216 méq/100 g.

L'ion  $\text{Na}^+$  s'accroît de 0,024 méq/100 g à 0,039 méq/100 g.

En outre, la somme des bases échangeables, soit  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$  représente entre 95 et 100 % de la CEC totale. La concentration en  $\text{H}^+$  ne dépasse pas 0,6 % de la CEC totale et la concentration en  $\text{Al}^{3+}$  reste inférieure à 0,2 % de la CEC totale. Les sols ayant des valeurs de l'acidité d'échange de cet ordre sont considérés comme étant acides en accord avec les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  légèrement inférieure à 5.

### 3) Le substratum molassique ou horizon C

La CEC totale du substratum molassique est très forte, proche de 50 meq/100g soit environ 10 fois supérieure au niveau d'origine alluviale sus-jacent. C'est l'ion calcique qui représente la quasi totalité - soit 96 % - des cations échangeables. Cette capacité d'échange très élevée est liée à la grande proportion d'argiles à fort pouvoir d'adsorption telles que les montmorillonites constitutives des marnes d'origine lacustre du substratum molassique (SERNHI *et al.*, 2000).

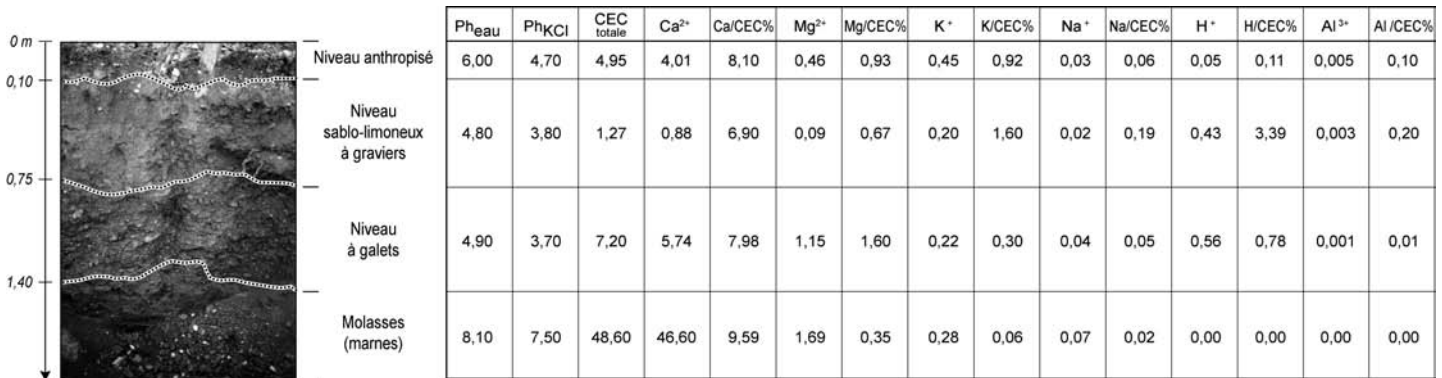


Fig. 7 - Synthèse de l'évolution pédologique et chimique de l'unité « Talus aval » (unité de la CEC en méq/100 g)

Synthetic pedological and chemical evolution of the down-side slop terrace unit

## CONSÉQUENCES SUR LES CRITÈRES DE CHOIX DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le croisement des données géologiques, topographiques, pédologiques et pédo-géochimiques permet le choix raisonné des porte-greffes et des cépages en tenant compte des facteurs limitants qualitatifs pour l'Unité de Terroir de Base dite « Talus aval ».

### I - LE CHOIX DU PORTE-GREFFE

Le stress hydrique étant un facteur limitant qualitatif de premier ordre, c'est l'horizon graveleux pauvre en argiles, situé à 60 cm de profondeur qui représente le niveau d'intérêt pour le développement de vignes de qualité au sein de ce terroir de graves. En outre, la majorité de la parcelle est à pente relativement forte et de ce fait bien drainée ce qui entraîne également un stress hydrique conséquent. Ainsi, le porte-greffe doit être choisi simultanément en fonction de sa résistance à l'acidité du sol (pH proche de 5), à la contrainte hydrique et à la capacité de son système racinaire d'atteindre une profondeur supérieure à 60 cm. Le gravesac réponds en majorité à ces contraintes. En effet, ce porte-greffe, dont la vigueur est modérée, présente une bonne adaptabilité aux sols acides sableux et graveleux, pauvres et bien drainés (CANDOLFI-VASCONCELOS, 1995). En outre, son port racinaire est de type « semi-plongeant », qualité qui sera associée à un mode de plantation de type haute densité (7 400 pieds/hectare).

En ce qui concerne les pratiques culturales, toujours dans l'objectif de forcer les racines à descendre vers le niveau de graves, deux schémas sont possibles. Soit maintenir l'enherbement dans les inter rangs associé à l'élimination par la méthode « inter-cep » du surplus de racines situé à proximité des pieds et généré précisément par l'enherbement (MORLAT et JACQUET, 2003) ; soit effec-

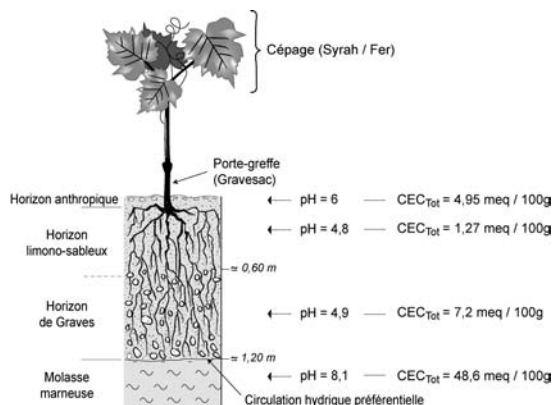
tuer un décaivonnage associé au labour des inter rangs. C'est la nécessité de limiter - ou non - l'intensité de l'érosion des sols liée à la pente qui déterminera l'application de l'une ou l'autre des deux pratiques.

Dans les deux cas, la faiblesse de la CEC (< à 6 méq/100 g) se comportera également comme un facteur limitant qualitatif (MONIMEAU *et al.*, 2004).

En outre, l'un des objectifs supplémentaires est de faire en sorte qu'une partie des racines du porte-greffe puissent atteindre l'interface entre l'horizon de graves soliflué et la molasse marneuse, siège d'une circulation d'eau préférentielle présentant des indices de stagnation temporaire (Fig. 8). L'objectif est ainsi d'éviter un trop grand stress hydrique pour le porte-greffe qui présente tout de même une tolérance relativement modérée à la sécheresse (SCHULTZ, 1997).

### II - LE CHOIX DES CÉPAGES

Selon les données précédentes concernant les propriétés physico-chimiques de la parcelle et de l'horizon de graves, et en respectant les conditions de l'encépagement dictées par le cahier des charges de l'AOC Gaillac, la Syrah et le Braucol (ou Fer Servadou) paraissent les plus adaptés au terroir considéré en tenant compte également du climat à dominante océanique mais à influences méditerranéennes. La Syrah, à la limite de sa distribution climatique septentrionale dans la vallée du Tarn, tout en présentant une tolérance modérée à la sécheresse (SCHULTZ, 1997), ne doit pas être implantée dans un sol susceptible de présenter le moindre risque de rétention d'humidité afin de maintenir une production qualitative à faible rendements. En conséquence, en tenant compte de la topographie du talus aval, la Syrah sera plantée préférentiellement sur la moitié supérieure du talus de terrasse ou la forte pente assure un drainage optimal. En outre, les irrégularités topographiques secondaires de la parcelle « talus aval » seront utilisées dans un but d'op-



**Fig. 8 - Position du matériel végétal vis-à-vis des différents horizons géologiques/pédologiques**  
**Localisation of the vegetative material with respect to the geological/pedological sequential organisation**

timisation du paramètre hydrique. Ainsi, la Syrah sera implantée en priorité dans le secteur occidental du talus aval qui présente la déclivité la plus marquée de l'ensemble de l'unité (Fig. 2c). Par contre, le Braucoil, originaire du Pays Basque espagnol (LAVIGNAC, 2001) supporte mieux les rétentions éventuelles d'humidité. Il sera implanté de ce fait dans le secteur oriental caractérisé par une pente légèrement moins accentuée (Fig. 2c).

## CONCLUSION

À l'occasion de la restructuration d'une partie du vignoble du Domaine du Moulin appartenant à l'aire d'appellation Gaillac, 9 profils de sols ont été analysés sur les 13 hectares situés au sein du terroir dit des « Terrasses de la rive gauche du Tarn ». Les résultats obtenus permettent de préciser la nature géologique du sous-sol à partir duquel les sols viticoles se sont formés depuis environ 10 000 ans depuis la fin de la dernière période glaciaire quaternaire du Würm. En particulier, ces profils montrent que l'ensemble des sols s'est édifié à partir de l'altération de matériaux d'origine alluviale d'âge rissien (i.e. datant d'environ 200 à 300 000 ans) soit en place lorsque ces sols se sont formés sur les terrasses proprement dites, soit sur des matériaux toujours d'origine alluviale ayant glissés le long des versants exposés au nord au cours de la phase de solifluxion accompagnant la période d'oscillations climatiques marquant la transition entre la fin du Würm et le début de l'Holocène. Ce premier résultat améliore sensiblement les précisions de la cartographie géologique jusqu'à présent établie démontrant ainsi l'intérêt d'opérer ce genre de reconnaissance avant d'entreprendre la restructuration d'un vignoble donné. Les résultats obtenus montrent que la variabilité des paramètres géologiques et topographiques conduit à identifier des UTB à des échelles de seulement quelques hectares. Or, la reconnaissance de ces UTB à partir des composantes géologiques/géomorphologiques apparaît comme est un paramètre de premier ordre quant à la recherche de l'effet terroir optimal puisqu'il détermine le choix du matériel végétal selon ses caractéristiques physico-chimiques.

Plus généralement, dans le cadre d'une approche systémique de l'effet terroir (e.g. RIOU *et al.*, 1995), le paramètre « géologie/géomorphologie » pourrait être assimilé à un point d'amplification (sensu DE ROSNAY, 1975) du sous-système « Milieu naturel » appartenant au système complexe qu'est le terroir dans son acception la plus large associant facteurs physiques et humains. En effet, une variation, même de faible ampleur, des caractéristiques géologiques et/ou topographiques au sein d'une unité considérée, peut modifier notablement les résultats concernant l'effet terroir.

L'inventaire des différents types de variables et surtout de leurs interactions au sein du système « Terroir »

reste un vaste champ de recherche nécessitant une approche transdisciplinaire associant, entre autres, l'agronomie et l'œnologie, mais sans négliger la géologie comme en témoignent les résultats présentés.

Remerciements : Nous remercions A. Delaunoy (Chambre d'Agriculture du Tarn) pour ses conseils et L. Gontier (CITV Midi-Pyrénées) pour son aide sur le terrain, sans oublier C. Cavaré-Hester (LMTG, Toulouse) pour la qualité de ses schémas.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANGLADE I. et DELAUNOIS A., 1991. Étude bioclimatique du vignoble gaillacois - Télédétection - Météorologie (température et aérologie) - Stades phénologiques. *Rapport, Chambre d'Agriculture du Tarn*, 79 p.
- BOHRMICH R., 1996. Terroir : competing perspectives on the roles of soil, climate and people. *J. Wine Research*, **7**, n°1, 33.
- CANDOLFI-VASCONCELOS M.C., 1995. Phylloxera-resistant rootstocks for grapevines. In: *8th Intern. Congress Phylloxera: strategies for management in Oregon's vineyards*, Chapitre 7.
- COURJAULT-RADE P., LE CARO P., MAIRE E. et SCHWALB., 2001. Le Lauragais, une entité géologique et géographique. *Couleur Lauragais*, **130**, 8 p.
- DELAUNOIS A., 1993. Caractérisation des terroirs du vignoble AOC de Gaillac. *Rapport Chambre d'agriculture de Midi-Pyrénées*, 35 p.
- DE ROSNAY J., 1975. *Le Macroscopie - Vers une vision globale*. Points Seuil, 132 pp.
- HAYNES S.J., 1999. Geology and wine. *Geosciences Canada*, **26**, n°4, 189-194
- JALUT G., MONTSERRAT-MARTI J., FONTUGNE M., DELIBRIAS G., VILLAPLANA J.M. et RULIA R., 1992. Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrenees : deglaciation, vegetation cover and chronology. *Quaternary Sci. Rev.*, **11**, 449-480.
- LAVIGNAC G., 2001. *Cépages du Sud-Ouest - 2000 ans d'histoire*. Ed. du Rouergue / INRA Editions, 272 pp.
- MONIMEAU A., VAN LEEUWEN K., CHRISTEN M. et CHÉRY P., 2004. Les sols viticoles du Libournais - In : *8<sup>e</sup> JNES*, Bordeaux, ENITA Bordeaux, 16 pp.
- MORLAT R., 2001. Terroirs viticoles : étude et valorisation. Ed. Oenoplurimedia, 118 pp.
- MORLAT R. et JACQUET A., 2003. Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without interrow sward. *Am. J. Enol. Vitic.*, **54**, n°1 - 1-7.
- MORLAT R. et MEINEN C., 2003. Étude des terroirs viticoles de l'Anjou : de la recherche à la valorisation technique. Partie 1 : Recherche. *Rev. Œnol.*, **107**, 23-26.
- REVEL J.C., GUIRESSE M. et DELAUNOIS A., 1991. Carte des sols de la région de Rabastens, Gaillac, Castelnau-de-Montmiral. *Rapport Chambre d'Agriculture du Tarn*, 35 p.
- RIOU C., MORLAT R. et ASSELIN C., 1995. Une approche intégrée des terroirs viticoles. Discussion sur les critères de caractérisations accessibles. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, **2**, 19-32.

- RUFFINONI C et DECAMPS O., 1989. Notice de la carte de la végétation spontanée dans la zone AOC du vignoble de Gaillac. *Rapport Chambre d'Agriculture du Tarn*, 28 p.
- SERHI K., AMIOTTE-SUCHET P., CLAUER N. et PROBST J.C., 2000. Dissolved silica in Garonne river waters : charges in the weathering dynamics. *Environmental Geology*, **40**, n°1-2, 1-26.
- SCHULTZ HR., 1997. Physiological mechanisms of water use efficiency in grapevine under drought conditions. In: *Bravdo BA, ed. 5th international symposium on grapevine physiology*. Jerusalem, Israel: ISHS, 115-136.
- VAN LEEUWEN C. et CHERY P., 2001. Quelle méthode pour caractériser et étudier le terroir viticole : analyse de sol, cartographie, pédologique ou étude physiologique ? *J. Int. Sci.Vigne Vin*, numéro hors-série, 97-102.
- WILSON J.E., 1998. *Terroir : the role of geology, climate and culture in the making of french wines*. Mitchelle Beazley, London, UK, 336 p.

*Manuscrit reçu le 20 février 2005 ; accepté pour publication, après modifications le 20 juin 2005*