

ETUDE DES TERROIRS VITICOLES VAUDOIS

---

GEO – PEDOLOGIE

# Appellation Vully



Projet réalisé par  
l'Association pour l'étude des terroirs viticoles vaudois  
2000 - 2003

p.a. Prométerre – Office de conseil viticole

Av. des Jordils 3  
Case postale 128  
1000 Lausanne 6

Tél : 021/ 614 24 31  
Fax : 021/ 614 24 04  
Email : [proconseil.viti@prometerre.ch](mailto:proconseil.viti@prometerre.ch)

## TABLE DES MATIERES

<b>A) PARTIE GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>2. LES SOLS DU VIGNOBLE VAUDOIS : ORIGINE ET DESCRIPTION SYNTHETIQUE.....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Un vignoble modelé par le glacier du Rhône .....</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Les terroirs des régions .....</i>	<i>6</i>
2.3 <i>Synthèse .....</i>	<i>7</i>
<b>3. NOTIONS DE GEOLOGIE ET DE PEDOLOGIE ET TERMINOLOGIE .....</b>	<b>8</b>
3.1 <i>Rappels généraux .....</i>	<i>8</i>
3.2 <i>Termes de pédologie courants.....</i>	<i>8</i>
3.3 <i>Rappel des ères géologiques .....</i>	<i>11</i>
3.4 <i>La roche mère .....</i>	<i>12</i>
3.5 <i>Quelques précisions sur les noms de sols .....</i>	<i>14</i>
3.6 <i>L'influence de la topographie sur l'évolution des sols .....</i>	<i>15</i>
3.7 <i>Les propriétés hydriques des sols .....</i>	<i>16</i>
3.8 <i>Généralités sur l'hydromorphie .....</i>	<i>19</i>
<b>4. METHODOLOGIE ET PRINCIPES DE CODIFICATION DES SOLS.....</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Méthodologie générale .....</i>	<i>21</i>
4.2 <i>Principes de codification des unités de sols .....</i>	<i>22</i>
4.3 <i>Principes de lecture des fiches de description.....</i>	<i>25</i>
Fiche de description des profils.....	<i>25</i>
Fiche de description des unités de sol.....	<i>28</i>
4.4 <i>Les limites de la représentation cartographique .....</i>	<i>29</i>
<b>B) PARTIE SPECIFIQUE AU SECTEUR .....</b>	<b>30</b>
<b>5. TRAVAUX REALISES .....</b>	<b>30</b>
5.1 <i>Investigations entreprises dans le secteur.....</i>	<i>30</i>
5.2 <i>Liste des profils du secteur.....</i>	<i>30</i>
<b>6. PRESENTATION TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DU SECTEUR.....</b>	<b>31</b>
6.1 <i>Présentation générale .....</i>	<i>31</i>
6.2 <i>Les principales roches mères du secteur.....</i>	<i>33</i>
Les moraines.....	<i>33</i>
Les dépôts glacio-lacustres .....	<i>34</i>
Les molasses d'eau douce gréseuses, marno-gréseuses et marneuses .....	<i>34</i>
Les colluvions.....	<i>34</i>
<b>7. LES UNITES DE SOLS DU SECTEUR .....</b>	<b>35</b>
7.1 <i>Sols issus de moraines .....</i>	<i>35</i>
7.2 <i>Sols issus du pôle sablo-gréseux de la molasse d'eau douce.....</i>	<i>35</i>
Rappels sur la roche mère .....	<i>35</i>
Principes de répartition des sols .....	<i>35</i>
Unités 5204, 5204 S, 5202 Lca, 5204 var, 5215, 5215,2 (fiche 5204) .....	<i>37</i>
Unités 5235, 5235.2 Tou, 5233 (fiche 5235).....	<i>38</i>
7.3 <i>Sols issus du pôle marneux de la molasse d'eau douce.....</i>	<i>39</i>
Unités 5335, 5335 +, 5335,2 Tour, 5333,2 (fiche 5335) .....	<i>40</i>
7.4 <i>Sols issus de colluvions de bas de pente .....</i>	<i>41</i>
9235 (fiche 9136).....	<i>42</i>
7.5 <i>Répartition des sols du secteur.....</i>	<i>43</i>
<b>8. LE COMPORTEMENT HYDRIQUE DES SOLS DU SECTEUR.....</b>	<b>44</b>
8.1 <i>Les principaux profils hydriques des sols du secteur.....</i>	<i>44</i>
8.2 <i>La réserve hydrique des sols du secteur.....</i>	<i>48</i>
<b>9. CONCLUSIONS.....</b>	<b>51</b>
<b>10. GLOSSAIRE ET BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>52</b>
10.1 <i>Glossaire des noms de sols.....</i>	<i>52</i>
10.2 <i>Abréviations des horizons utilisées dans les fiches de description .....</i>	<i>54</i>
10.3 <i>Lexique.....</i>	<i>55</i>

10.4 Bibliographie.....	59
<b>11. ANNEXES.....</b>	<b>60</b>
Annexe 1 : Fiches de description des profils de sols.....	60
Annexe 2 : Analyses de terre Sol-Conseil.....	67
Annexe 3 : Représentation schématique et profils hydriques de quelques sols .....	68
Annexe 4 : Méthodologie de calcul de la réserve hydrique.....	69
Annexe 5 : Carte des sols grand format .....	73

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Schéma de la mise en place des différentes roches mères du canton de Vaud.....	5
Figure 2 : Echelle stratigraphique des temps géologiques.....	11
Figure 3 : Schéma de l'influence d'une toposéquence type.....	15
Figure 4 : Schéma des grands types de sols hydromorphes.....	20
Figure 5 : Fiche de description des profils .....	25
Figure 6 : Diagramme de texture du GEPPA, 1963.....	26
Figure 7 : Fiche de description des unités de sols.....	28
Figure 8 : Coupe géologique simplifiée du Mont Vully.....	31
Figure 9 : Alternances grès altérés (à droite) et marnes bariolées de la molasse du Vully.....	31
Figure 10 : Coupe schématique d'un glacier .....	33
Figure 11 : Principales propriétés des matériaux glaciaires.....	33
Figure 12 : Répartition des sols par code sur le secteur .....	43
Figure 13 : Proportion d'hydromorphie.....	43
Figure 14 : Répartition des sols en fonction de leur réserve utilisable et de leur profondeur d'enracinement..	47
Figure 15 : Calcul de la réserve utile .....	48
Figure 16 : Répartition des réserves hydriques en % de la surface du secteur.....	49
Figure 17 : Carte des réserves hydriques des sols du secteur .....	50

## A) PARTIE GENERALE

### 1. INTRODUCTION

En perpétuelle évolution, le monde viticole n'a de cesse de rechercher et de tester les techniques et les procédés les mieux adaptés à son vignoble. L'influence du milieu naturel sur la qualité et la typicité des vins est aujourd'hui largement reconnue. Il n'est cependant pas facile de comprendre quelles sont les influences de chacune des composantes naturelles du terroir (sols, géologie, climats, expositions, pentes) sur le comportement de la vigne.

Ce travail s'inscrit dans le cadre général de l'Etude des terroirs viticoles vaudois, initiée en 2000 par l'Association pour l'étude des terroirs viticoles vaudois, coordonnée par Prométerre et réalisée en collaboration avec la Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et le Service des eaux, sols et assainissement de l'Etat de Vaud. Le laboratoire Sol-Conseil de Changins a réalisé les déterminations analytiques.

Dans un premier temps, quatre zones pilotes ont été étudiées pour la mise au point des méthodes et outils. Les résultats ont ensuite été appliqués à l'ensemble du vignoble vaudois.

L'étude pédologique vaudoise a été réalisée sur la base de 1'400 sondages à la tarière, 300 profils et plus de 60 réunions autour des cartes et profils. La participation des vigneron de plus en plus soutenue au fil du temps nous a aidés à construire un outil de référence adapté aux questions viticoles.

Cette étude s'efforce de donner une image précise du sol, surtout dans sa partie profonde, en insistant tout particulièrement sur ses propriétés hydriques. Les cartes ont été validées et précisées par les viticulteurs.

Nous avons utilisé un vocabulaire simple et commun. Les termes techniques indispensables employés dans les descriptions sont définis dans le glossaire.

### 2. LES SOLS DU VIGNOBLE VAUDOIS : ORIGINE ET DESCRIPTION SYNTHETIQUE

#### 2.1 UN VIGNOBLE MODELE PAR LE GLACIER DU RHONE

La toute dernière glaciation (Würm) voit défiler sur le canton une langue de glace d'un kilomètre d'épaisseur, qui ne s'est retirée que depuis 12'000 ans. Le rôle du glacier du Rhône est fondamental par son empreinte - il a modelé l'ensemble du vignoble vaudois - et bien sûr par ses dépôts de moraines - 62 % des surfaces en vigne dérivent directement de dépôts glaciaires. Selon les roches et les reliefs que le glacier a chevauchés, il a eu un rôle soit :

- **de dépôt assez épais de moraines** : l'influence du sous-sol disparaît, les nuances morainiques prennent toute leur importance;
- **de rabotage complet** : c'est alors la roche ancienne qui va être directement à l'origine des séries de sol. Cette roche est dans 80 % des cas la molasse tertiaire du bassin vaudois.

Entre ces deux extrêmes se rencontrent les cas de dépôts d'épaisseur modeste où la surface est semblable à celle des dépôts morainiques, mais où les racines plongent dans la molasse

marneuse ou dure, les calcaires jurassiens ou les calcaires triasiques et gypseux. Enfin, les dépôts glaciaires peuvent être eux-mêmes recouverts par des éboulis gravitaires encore plus récents, voire des colluvions de bas de pente ou des alluvions.

### *Les terroirs des formations glaciaires : les moraines*

Les paysages et les sols des vignobles de montagne qui ont vécu une histoire glaciaire présentent bon nombre de singularités :

- **Une conjoncture particulière** : les moraines latérales permettent une combinaison très favorable à la viticulture; elles associent des sols très caillouteux, profonds à des pentes fortes (souvent aménagées en terrasses) qui optimisent l'interception du rayonnement énergétique.
- **Une minéralité des sols** : jeunes (moins de 10'000 ans) et en pente, les sols de moraines sont encore peu évolués. Les niveaux organiques n'excèdent souvent pas les 60 premiers cm, ce qui permet aux racines d'évoluer dans l'ambiance minérale de la roche mère.
- **Un équilibre minéralogique des sols** : les éléments constitutifs de la moraine proviennent de l'érosion des roches encaissantes de tout le bassin versant du Rhône depuis le haut cirque glaciaire. On retrouve des éléments granitiques, schisteux, gneissiques, calcaires noyés dans une farine glaciaire silteuse calcaire. Cette cohabitation d'éléments siliceux et calcaires ne peut se rencontrer, en situation de coteaux, que dans un contexte glaciaire récent (et donc dans les vignobles de montagne). Les moraines rhodaniennes contiennent la majeure partie des éléments qui constituent la surface de la terre. L'altération lente de ces minéraux très variés doit conférer un équilibre particulier à l'alimentation de la vigne.
- **Des moraines récentes mais parfois très compactes** : le glacier du Rhône fut au cours des dernières glaciations l'un des plus puissants glaciers des Alpes. Il a pétri et compacté les dépôts qui se trouvaient sous la glace. Ces dépôts, dits "moraines de fond", ont subi des pressions allant jusqu'à 800 t/m<sup>2</sup> à l'état sub-saturé et demeurent ainsi impénétrables par les eaux et par les racines de vigne qui s'efforcent d'en altérer la surface. De telles compacités ne sont jamais rencontrées dans les autres formations superficielles récentes.

### *Les terroirs des roches anciennes : les molasses et les calcaires anciens*

Le terme de molasse désigne des roches mises en place à l'ère tertiaire en périphérie des jeunes reliefs alpins. Selon leur mode de dépôts, les molasses seront des roches toujours calcaires mais de grain et de consolidation très différents : dans le vignoble vaudois, ce sont des marnes, des marnes gréseuses, des grès massifs, des poudingues ou des sables gréseux. Ces roches, vieilles de 15 à 35 millions d'années, supportent 14 % des sols viticoles du canton. Selon les faciès, les sols seront argileux, sableux ou caillouteux, très profonds ou rendus superficiels par la présence d'un banc rocheux ou de la marne brute compacte. D'autres calcaires, beaucoup plus anciens, interviennent à l'ouest du lac de Neuchâtel et dans le Chablais.

### *Les terroirs de couverture : les éboulis, les alluvions et les colluvions*

Les éboulis du Chablais proviennent des falaises calcaires dominantes, qui, depuis la fin des glaciations (12'000 ans), se fragmentent et épandent (parfois brutalement) des gravettes caillouteuses jusqu'au bas des versants. Les colluvions - dépôts fins de bas de pente - et les alluvions récentes représentent 17 % des sols du canton.

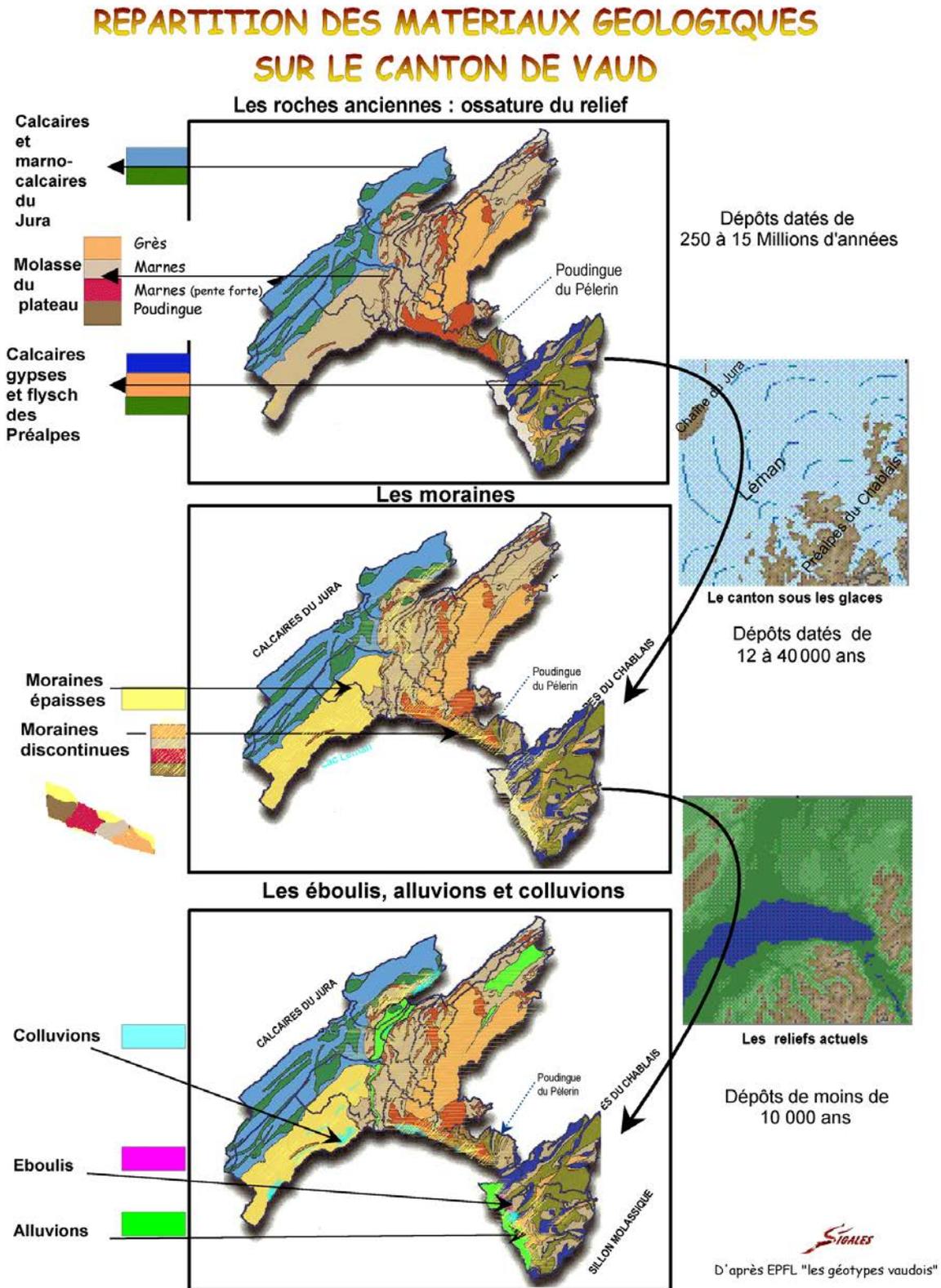


Figure 1 : Schéma de la mise en place des différentes roches mères du canton de Vaud

## 2.2 LES TERROIRS DES REGIONS

### *Les terroirs du Chablais : originalité et diversité*

Les moraines du Chablais sont dans l'ensemble assez caillouteuses avec une dominante d'éléments calcaires.

Les 42 ha de la colline de Chiètres demeurent une particularité et un mystère puisque la présence du flysch n'y est pas encore totalement expliquée.

Les sols sur gypse (53 ha) d'Ollon et de Bex, plaqués sur des pentes très fortes souvent convexes, sont parmi les moins profonds et les plus particuliers du canton du point de vue de leur chimisme.

Sur Aigle, Yvorne et Villeneuve, les sols issus d'éboulis (155 ha) sont profonds, toujours très caillouteux. Ils contiennent 50 % à 90 % d'éclats calcaires emballés dans une matrice plutôt argileuse, ce qui les distingue des dépôts fluvio-glaciaires lavés, gravelo-sableux.

Les sols du Chablais sont également parmi les plus drainants du canton.

### *Les terroirs de Lavaux : une palette complexe de moraines sur molasse*

La succession de formations molassiques de duretés différentes, articulées de part et d'autre de l'épaulement de poudingue du Mont-Pèlerin a engendré plusieurs changements de comportement du glacier depuis Montreux jusqu'à Lausanne :

- érosif, il dégage les marnes rouges, typiques de Montreux;
- bloquées par l'épaulement de Rivaz, ses moraines latérales caillouteuses beurent les corniches structurales de grès et de poudingue molassique de Chardonne à Rivaz;
- le glacier retrouve un rôle érosif en aval du Dézaley (constitué de marno-grès abrités des dépôts de moraine par l'épaulement de Rivaz). Il dégage les molasses argileuses glissées sur les pentes de Calamin, puis marno-gréseuses un peu plus armées d'Epesses à Lutry. Des placages résiduels de moraine de fond et de moraines sablo-graveleuses combinés à l'aménagement spectaculaire des terrasses compliquent la répartition des sols.

### *Les terroirs de la Côte : la prédominance des moraines de fond*

La moraine de fond imprime son caractère à la majeure partie des coteaux allant de Morges à Nyon. La profondeur et le taux de calcaire des sols qui en sont issus sont dictés par l'inclinaison des pentes. Ces sols compacts en profondeur côtoient des sols parfois très caillouteux : chapeau de moraine de retrait ou tracés de cônes de déjection glacio-torrentiels. La moraine compacte dirige les écoulements d'eau de sub-surface au travers du vignoble. C'est sur les hauts des coteaux ou à proximité des ruisseaux que la moraine, moins épaisse, laisse place à la molasse marneuse plus argileuse.

Des sols plus évolués développés sur les cônes de déjection de Mont-sur-Rolle et du Coteau de Vincy se démarquent nettement de l'ambiance toujours calcaire des moraines. Dans le sol, des fantômes de cailloux granitiques totalement altérés par l'acidité s'emballent progressivement d'argiles rouges néoformées qui enrichissent les graves sableuses initiales constituant le sous-sol.

### ***Les terroirs du Nord vaudois : des moraines, des molasses légères et des calcaires durs du Jura***

Les Côtes-de-l'Orbe ont subi l'influence morphologique des glaciers, mais les dépôts en sont peu conservés : quelques chapeaux sablo-caillouteux de moraines dominent des pentes aux sols issus de molasses en séquences complexes, marno-gréso-sableuses, diversement colorées. Le secteur de Bonvillars possède un peu plus de 30 ha de sols peu profonds limités par des dalles de calcaire jaune parallèles à la pente. La gestion des réserves hydriques limitées et superficielles et la sensibilité aux millésimes y sont très particulières. Le reste des sols du vignoble est issu de moraines diversement caillouteuses et compactes.

Sur le Vully, la molasse est dominante; plus sableuse que dans le sud, elle est irrégulièrement consolidée, minérale mais accueillante aux racines. Ce «rocher de chien» des vigneron occupe plus de 70 % des surfaces en pentes souvent très fortes. La molasse marneuse rougeâtre détermine le reste des sols.

## **2.3 SYNTHÈSE**

Sur ce canevas tressé à partir de la géologie, plus de 300 types de sols ont été caractérisés (une même roche peut donner plusieurs types de sols bien différents). Une vingtaine représente 50 % des surfaces. 80 % des sols font plus d'1 m de profondeur, mais possèdent des réserves en eau très différentes selon les cas (de 50 à 350 mm de réserve en eau utilisable par la vigne). Une grande diversité de situations d'équilibre entre offre et demande hydrique peut être observée, ce qui implique une forte influence des choix cultureux (adaptation à la demande, choix du matériel végétal) même si les bilans hydriques climatiques calculés ne font pas apparaître de longues périodes de déficit.

Cette complexité apparente ne doit pas cacher l'essentiel : sur chacun de ces sols, des vins de qualité parfois exceptionnelle peuvent être produits, moyennant des pratiques culturelles évidemment différentes.

Ces choix ne peuvent pas être réglés finement de façon autoritaire : le rôle des vigneron est plus que jamais central et leur formation et leur sensibilisation à cette approche absolument nécessaires.

### 3. NOTIONS DE GEOLOGIE ET DE PEDOLOGIE ET TERMINOLOGIE

#### 3.1 RAPPELS GENERAUX

Le sol est la couche de liaison entre la roche brute (étudiée par la géologie et connue en Suisse par les cartes géologiques de l'Atlas géologique du Service Hydrologique et Géologique National) et l'atmosphère: il est en général constitué d'**horizons** superposés dont l'ensemble constitue le **profil** (visible dans une **fosse**).

C'est un milieu d'accueil pour les racines des végétaux. Ce milieu est complexe et en équilibre parfois fragile avec son environnement. Il résulte de plusieurs milliers d'années d'évolution :

- sous une végétation naturelle qui le fragmente physiquement par ses racines et lui fournit la matière organique. Celle-ci, après action de la microflore et microfaune (activité biologique), engendrera l'humus, caractéristique des horizons supérieurs des sols et dont la minéralisation est, en sols naturels, la principale source d'alimentation azotée des plantes.
- et sous un (ou plusieurs) climat(s) qui détermine(nt) des conditions d'humidité et de température dans lesquelles les réactions chimiques entre les minéraux, la matière organique et l'eau vont se dérouler.

L'analyse de terre donne des renseignements apparemment précis sur les proportions des constituants et la disponibilité des éléments théoriquement utilisables par la plante. L'abondance de chiffres obtenue fait qu'il est tentant de les utiliser statistiquement. En pratique, de très nombreuses raisons font qu'elle ne remplace pas du tout l'observation du sol en place qui est un système global. Il faut éviter de se polariser sur des détails ou des facteurs secondaires, relativiser la valeur des analyses de laboratoire et les replacer dans le contexte de la parcelle.

La vigne possède une capacité impressionnante à coloniser toutes les couches pénétrables et les fissures, pour peu qu'elles ne soient pas trop durablement asphyxiantes. En zone méditerranéenne, et en l'absence fréquente de précipitations estivales notables pendant 3 mois ou plus, la contribution des couches les plus profondes est essentielle pour le déroulement des processus de maturation. On sait aujourd'hui que même en l'absence de stress visible sur la plante, des modifications physiologiques à forte incidence sur la qualité des produits finaux, incidence différente selon les contextes, sont explicables par les niveaux de contraintes hydriques atteints dans le sol.

Quand la roche elle-même est explorée par les racines (roche fissurée ou à couches de marnes par exemple), il faut essayer de l'intégrer à la description du profil.

#### 3.2 TERMES DE PEDOLOGIE COURANTS

##### *Texture - composition minéralogique - structure*

Un sol est décrit par ses constituants : leur taille (texture) et leur nature chimique (ou composition minéralogique), puis par la façon dont ces constituants sont arrangés entre eux (structure), ce qui ne peut se voir que sur le profil en place. Le fonctionnement peut être en partie déduit de la combinaison de ces descriptions complémentaires (réserves minérales, hydriques, aération, drainage, etc.).

Image: avec une même quantité de poutrelles métalliques et de boulons, on peut construire une tour très solide, une tour instable, au pire un tas compact sans vides.

Matières organiques, argile, oxydes de fer et calcium sont les boulons et les ciments qui permettent de solidifier les structures des sols. Un sable fin, pur et blanc, est sensible à la simple érosion par le vent. **La texture** ou **granulométrie** est l'appréciation au toucher que l'on peut porter sur la répartition par catégorie de grosseur des constituants du sol, quelle que soit leur nature chimique.

On pratique **l'analyse granulométrique** en laboratoire sur la terre fine tamisée à 2 mm, après destruction des liants (matière organique, etc.) et broyage doux ou tamisage forcé des petits agrégats. Le broyage est délicat car de petites mottes très argileuses et sèches sont parfois aussi résistantes que certains graviers (schiste ou calcaire marneux fragile par exemple).

Quand nous parlons de limons, il ne s'agit pas obligatoirement de bons limons de rivières, mais de particules de taille comprise 2 et 50 microns ou  $\mu$ . Leur dominance donne des terres douces, ni argileuses (non plastique et non gonflante) ni sableuses.

Une fois la proportion des différentes tailles de constituants connue, on peut situer l'échantillon sur un graphe triangulaire (argile /limon) sur lequel sont délimitées les classes texturales (sable, limon argileux, etc.) pour mieux comparer les échantillons entre eux.

Les grains de matière constituant le sol analysé peuvent être de toute nature (ce sont des minéraux comme les carbonates, quartz, micas, argiles ou des oxydes de métaux). Les cailloux, graviers, sables et limons grossiers sont assez passifs du point de vue chimique mais conditionnent la circulation de l'eau dans le sol. L'argile et pour une part les limons fins (2 à 20 $\mu$ ) sont beaucoup plus réactifs chimiquement.

### *Quelques paradoxes de vocabulaire*

Les textures sableuses sont souvent dites "**grossières**" (le sable est "gros" par rapport aux argiles) mais sont aussi les plus "**légères**" c'est-à-dire faciles à travailler. Les textures les plus "**fin**" (argileuses) sont aussi les plus "**lourdes**" car difficiles à travailler.

### *L'argile*

La **fraction de terre la plus fine** est tout à fait importante. D'elle dépendent en grande partie la fertilité, la stabilité, la réserve en eau du sol. Ses propriétés sont très différentes de celles des fractions plus grossières car la fraction fine est en grande partie composée d'argile, minéral très particulier disposé en feuillets visibles seulement au microscope électronique, pouvant gonfler en présence d'eau, retenir les cations nutritifs ( $K^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ) et les échanger avec l'eau du sol (et donc les racines). Les limons fins ont également un pouvoir de fixation lorsqu'ils sont complexés avec l'humus par du fer; mais ce pouvoir reste nettement plus faible que celui de l'argile car la fixation ne se fait qu'à la surface de particules pleines. Ce pouvoir de fixation est bien mesuré en laboratoire par la CEC (Capacité d'Echange des Cations), qui représente la quantité maximale de cations que peut fixer le sol. Cette CEC provient essentiellement des argiles vraies, de l'humus et un peu des limons fins. Quand on connaît le taux de matière organique, il est donc possible d'estimer grossièrement la qualité des argiles (CEC de la fraction minérale).

Cette grande activité chimique et physique fait que le rôle de l'argile est dominant dans le sol. Une composition de 33-33-33 pour chaque fraction donne un sol déjà bien lourd d'argile limono-sableuse (Als). Un sol est dit "argilo-sableux" (AS) dès que sa terre fine contient plus de 20 % de particules de taille inférieure à 0.002 mm (2 microns), et la racine "argilo" (exemple sablo-argilo-limoneux Sal) apparaît dans la dénomination de la texture dès que le taux d'argile dépasse 10 %, ce qui montre l'importance de cette fraction. 45 % d'argiles masquent les autres fractions : le sol est argileux (A).

***Attention: toutes les argiles ne sont pas équivalentes.***

Certaines sont peu gonflantes, peu "riches" comme les kaolinites (terres à poterie). Elles ont alors une faible CEC. D'autres sont au contraire très auto-fissurantes et à très forte CEC comme les montmorillonites, fréquentes dans les terres noires d'anciennes zones mal drainées. Les argiles des sols rouges (FERSIALSOLS), très liées au fer ferrique, confèrent au sol une structure micro-polyédrique particulièrement solide.

L'optimum cultural au niveau de la texture est évidemment la terre franche : 25 % d'argile, 30-35 % de limons et 40-45 % de sables, car elle présente la plupart des qualités des sols plus typés sans en avoir les inconvénients. Mais cet optimum est surtout valable pour les cultures annuelles, qui nécessitent chaque année une bonne préparation de sol et surtout n'explorent que les couches les plus superficielles du sol. La vigne quant à elle s'adapte aux situations texturales les plus variées et l'on trouve les vignobles les plus prestigieux sur des sols de textures totalement différentes.

Les sols peu argileux (moins de 10-15 % d'argile) peuvent subir des dommages par tassement superficiel lors du passage des engins car leur structure ne peut se restaurer par la fissuration naturelle. La fermeture de la porosité qui résulte du tassement peut accentuer les phénomènes de ruissellement en situation de pente (stockage de l'eau moins efficace et tendance à l'érosion, "fatigue" de certains types de sols menés en non culture intégrale). La sensibilité au tassement semble maximale pour certaines compositions granulométriques de mélanges où les particules s'imbriquent les unes avec les autres (Limon sablo-argileux - Lsa).

3.3 RAPPEL DES ERES GEOLOGIQUES

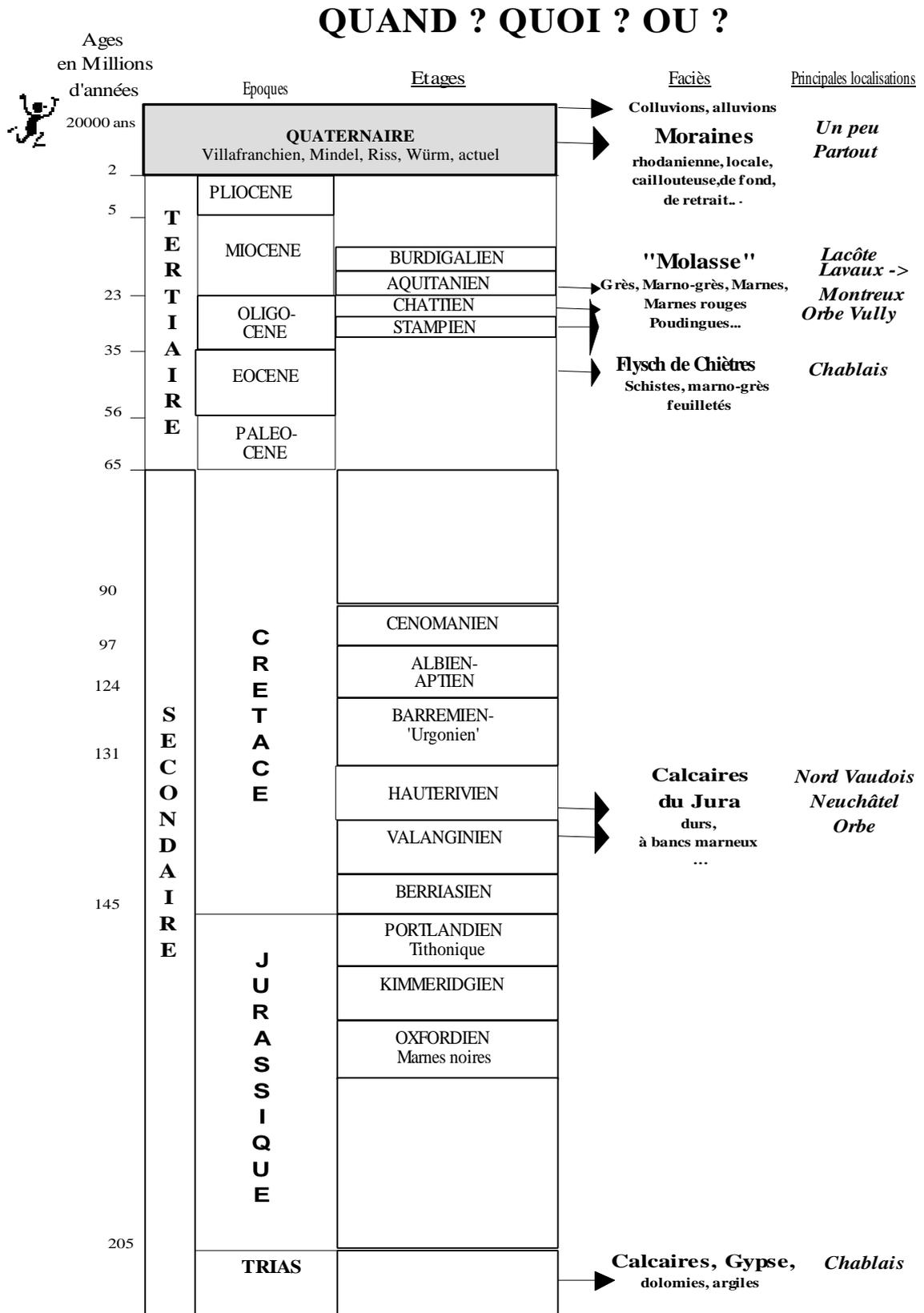


Figure 2 : Echelle stratigraphique des temps géologiques

### 3.4 LA ROCHE MÈRE

Pour le pédologue, la roche mère est le matériau dont l'altération par les agents physiques, biologiques et chimiques explique le développement du sol qui la recouvre. Ce peut être une roche consolidée (calcaire, grès, granite) ou meuble (löss, marne, sable, alluvions, moraine, pélite...).

Souvent, les sols ne dérivent pas de la roche qui est située à plus ou moins grande profondeur sous eux: vent, rivières, glissements de terrains, éboulis ont pu rapporter des matériaux sans rapport avec la roche ancienne en place. Le sol dérive de ces apports qui deviennent une nouvelle roche mère (dite formation superficielle).

Parmi ces sols d'apports, il est souvent utile de distinguer les apports anciens, souvent caillouteux et évolués (âgés de -12'000 ans à -1 million d'années en gros) des apports récents (de - 12'000 à nos jours) formés sous un climat semblable au nôtre. La plupart du temps, les apports les plus récents se trouvent confinés dans les zones les plus basses (vallées de rivières, plaines) ou dans les zones basses relativement aux reliefs environnants (cuvettes plus ou moins perchées). Il faut fortement nuancer cette observation en zone de montagne: les moraines récentes et éboulis moins que millénaires peuvent être épandus en zones fortement pentues.

Les apports anciens sont rarement situés en fond de relief, car le surcreusement des vallées a continué depuis leur dépôt. Ils sont souvent caillouteux et évolués, car ils ont connu des épisodes climatiques (glaciaires, périglaciaires, interglaciaires chauds et humides) très contrastés, parfois violents. Ils peuvent être eux-mêmes masqués par des recouvrements plus récents de quelques décimètres.

Nous limitons l'emploi du terme colluvial ou de la référence COLLUVIOSOL aux zones vraiment basses (en relatif ou en absolu) et très peu pentues du relief car si l'on incluait tous les remaniements ou épaissement de pente sous ces vocables, ils prendraient trop d'importance spatiale au détriment d'autres informations d'origine ou d'évolution.

#### *Quelques roches mères courantes*

**Roches calcaires** : ces roches se sont déposées pour la plupart en milieu aquatique (mer ou lac) et sont constituées de boues calcaires plus ou moins consolidées, de coquilles ou de fragments de coquilles, qui ont ainsi progressivement fixé et immobilisé le gaz carbonique surabondant dans l'atmosphère de notre planète dans les temps géologiques les plus anciens. Elles sont souvent claires et disposées en strates (bancs).

Elles contiennent du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ , appelé souvent aussi calcaire) en proportion dominante. Ce minéral soluble dans les eaux légèrement acides confère aux sols des propriétés très particulières. La classification des roches calcaires est très complexe.

**Calcaires purs et durs** : composés de plus de 80 % de carbonates de calcium et très résistants. Quand les bancs dépassent 40-50 cm d'épaisseur moyenne, le sol n'est pas défrichable; mais si le calcaire est disposé en couches décimétriques ou centimétriques ou bien très obliques et pour peu que la topographie soit favorable, le sol devient défrichable. Un tel calcaire s'altère très lentement et donne sous climat de type méditerranéen un résidu pelliculaire autour des cailloux et dans les fissures, souvent argileux et rouge, peu ou très peu calcaire. Plus la densité de fissures ou de plans de stratification entre les bancs est abondante, plus les strates sont obliques par rapport à la surface et plus le résidu argileux d'altération est abondant et susceptible de fournir une quantité de terre notable. De tels sols ont pu se former par le passé dans des zones qui sont actuellement sorties du climat méditerranéen.

**Calcaires purs mais tendres** : ce sont les craies, poreuses et friables, qui donnent des sols particuliers très riches en calcaire actif, qui sont le siège d'intenses transferts hydriques par capillarité. Le terme italien Gesso, se déclinant en Gy dans le Chablais, est utilisé pour désigner une roche friable et tendre, très blanche mais se rapporte parfois à un calcaire crayeux, parfois au gypse vrai.

**Calcaires marneux / calcaire argileux** (5 à 35 % d'argile) : ils sont intermédiaires entre les calcaires et les marnes tendres. Ils peuvent gonfler par hydratation des argiles qu'ils contiennent. Ce ne sont donc pas de très bonnes pierres de construction.

**Calcaires gréseux** : riches en grains de quartz ou de calcite, ils font effervescence à l'acide mais sont rugueux au toucher.

**Marnes** : roche tendre, riche en argile (35 à 65 %) et en carbonate de calcium, lisse au toucher, faisant effervescence à l'acide chlorhydrique dilué, plastique à l'état humide, parfois dure mais rayable à l'ongle à l'état sec. Les marnes peuvent être d'aspect terreux ou bien compactées en plaquettes ou cubiques et massives. Elles prennent des couleurs variées: blanc, beige, bleuté, saumoné ou rouge. Ce peuvent être les pires ou les meilleures des roches mères selon leur compacité initiale et la qualité des argiles qu'elles contiennent. Les agriculteurs parlent parfois d'«argiles» à leur sujet. Dans les paysages calcaires, ce sont elles qui donnent les sols le plus facilement cultivables, répartis sur des coteaux aux formes douces, les points hauts des reliefs étant armés par des calcaires durs. En situation de pente plus forte ou quand elles sont compressées et feuilletées, elles sont imperméables et sensibles à l'érosion, mal protégées par la végétation, et donnent les paysages ravinés, parfois pittoresques, mais souvent désolés de "bad-lands". Si elles sont peu feuilletées, mais fissurées, elles sont cause de glissements de terrain en loupes, localisés ou parfois plus importants.

**Marno-calcaires** : formation où alternent des bancs marneux et calcaires. Leur comportement est très variable suivant l'inclinaison, l'épaisseur et la fragmentation des bancs durs : certaines formations qui semblent extrêmement rocheuses ont un excellent comportement hydrique.

**Loess** : dépôts bien triés limono-sablo-argileux d'origine éolienne, non compactés et très poreux, battants en surface. Leur origine est variable : loess de proximité ou loess glaciaires, ce qui explique les variations de composition et de teneur en calcaire. Mais leur mode de dépôt commun (transport par le vent) leur confère une excellente porosité et une facilité de travail. Les grandes migrations des peuplades d'agriculteurs ont souvent suivi les dépôts de loess. Si, à l'origine, ce matériau était le plus souvent calcaire, l'action de la pluie a entraîné une décarbonatation progressive des horizons de surface, avec redistribution de ce calcaire dissout en profondeur (60-80 cm) soit sous forme d'accumulation diffuse, soit mieux matérialisée en agglomérats durs et blanchâtres de 2 à 10 cm, globuleux, très typiques (et dénommés "poupées" de loess par les géologues). L'évolution par lessivage des sols de loess est beaucoup plus complète lorsque l'on passe à des climats plus humides ou montagnards.

### *Attention aux termes de grès, gresses, grèzes*

**Grès** : en géologie, ce terme représente une roche massive consolidée et constituée de grains sableux (de quartz souvent) réunis par un ciment (calcaire ou non). Certains grès calcaires en plaques ont un très bon comportement hydrique, d'autres sont très massifs et donnent des sols séchant, sableux et très minces.

**Grèze** : ce terme représente en France une formation caillouteuse de pente. Les cailloux sont anguleux et proviennent de l'éclatement par le gel des roches dures environnantes (équivalent: gravettes). Les agriculteurs de langue d'Oc parlent parfois de "**gresses**" ce qui occasionne de fréquents malentendus avec le grès géologique qui est une roche massive. Les "Grès" des Côtes du Rhône correspondent par contre presque toujours aux sols anciens couverts de gros galets rhodaniens particulièrement typiques de la région de Châteauneuf-du-Pape. Dans de tels cas, il faut anticiper de probables confusions.

**Molasse** : en géologie, la molasse est une formation et non une roche unique qui s'est déposée à la fin de la création des chaînes de montagne (oligocène ou miocène du pourtour de l'arc alpin). Une intense érosion des reliefs jeunes émergés se produit, ce qui fournit un matériau meuble en quantités énormes. Ce matériau va s'accumuler en couches épaisses à faible distance des reliefs. Les couches ne sont pas toutes de même composition et on retrouve des couches de marnes souvent gréseuses, de grès, de calcaire lacustre... Par simplification on parle parfois de molasse pour décrire les bancs les plus durs de la molasse locale (calcaire gréseux jaune du miocène en Provence ou Languedoc, de l'oligocène en Aquitaine, grès de l'oligocène ou du miocène en Suisse, etc.). De très célèbres vignobles sont installés sur des molasses d'origine alpine ou pyrénéenne.

**Moraine** : éléments de toutes tailles, arrachés, éboulés ou déposés sur et sous un glacier, puis transportés ou compactés par lui. Dépôts constitués par ces éléments: moraines latérales, de fond, frontales... Chaque moraine a son histoire et il faut en préciser la composition (calcaire, etc.).

**Quartzite** : roche sédimentaire très dure constituée de sables quartzeux jointifs parfois ferrifères. Ce sont les galets de quartzites qui subsistent le plus longtemps dans les sols des terrasses alluviales très anciennes du Rhône (villafanchien) caractéristiques de certains vignobles de Côtes du Rhône, alors qu'ils ne représentent qu'un faible pourcentage des éléments grossiers de la moraine rhodanienne qui a donné naissance à toutes ces alluvions.

### 3.5 QUELQUES PRECISIONS SUR LES NOMS DE SOLS

Le terme de calcaire (roche, minéral ou simplement présence de carbonate de calcium) est des plus imprécis. Excès, présence ou déficit en carbonate de calcium impliquent deux mondes de sols très différents. Pour ne rien éclaircir, les amendements calcaires sont devenus amendements calciques, alors qu'un horizon calcique ne présente justement plus de carbonates, tout en restant saturé en calcium.

**Sols ou horizons calcaires** (voir CALCOSOLS ou RENDOSOLS) : en toute rigueur on devrait parler de sols carbonatés (à carbonates de calcium  $\text{CaCO}_3$ ). Ce qui les caractérise est la présence de particules calcaires dans la terre fine tamisée. La terre fine fait donc effervescence à l'acide chlorhydrique dilué. Leur taux de calcaire "total" à l'analyse est supérieur à 5 %.

Sables, graviers et cailloux forment le calcaire "inactif". Plus ce calcaire est finement divisé (taille des grains de calcaire proche ou inférieure à celle des limons), plus il est actif chimiquement et peut libérer des ions calcium en abondance dans la solution du sol (eau du sol). Une fraction calcaire présente dans la terre fine empêche tout risque d'acidification et de lessivage de l'argile (appauvrissement de surface) car les acides du sol (acide carbonique de la respiration, acides organiques) ne manquent pas pour attaquer ce calcaire et maintenir un complexe bien garni, largement saturé.

**Sols ou horizons calciques** (voir CALCISOLS ou RENDISOLS): il n'y a plus d'effervescence à l'acide (plus de grains calcaires) mais encore suffisamment de calcium pour que le pH reste neutre sans risque d'acidification immédiat. Le complexe d'échange reste voisin de la saturation, mais la structure de surface du sol peut déjà être plus fragile. Ces sols sont d'anciens sols calcaires qui se sont décarbonatés sous l'action des pluies, de la végétation. Ils sont rares en zone méditerranéenne de pluviométrie inférieure à 600-700 mm, car le lessivage du calcium n'est pas assez important (bilan pluviométrie / évaporation déficitaire). Seuls quelques sols de replat et très perméables (de sables ou de cailloutis calcaires par exemple) montrent cette évolution. Sous climat plus arrosé, ils se développent rapidement dès que la pente s'adoucit et l'on en trouve déjà sur les sols jeunes de moraine, peu calcaires au départ il est vrai, et qui ont moins de 10'000 ans.

**Sols à accumulation calcaire** (calcariques) : fréquents dans les pentes de marnes, ces sols possèdent un horizon intermédiaire enrichi en calcaire fin (simplement plus clair, à taches blanches farineuses ou à globules durs et blancs). Le taux de calcaire actif peut faire un bond dans cet horizon mais il n'y a pas de cimentation physiquement gênante. La dynamique complexe de la chlorose est en général favorisée par des différences de perméabilité lorsque ces signes apparaissent dans le sol.

**Sols à encroûtements calcaires** (pétrocalcariques) : les termes locaux sont variés et évocateurs : croûte - sistre - taparas - carnève - tuf,... On parle d'encroûtement calcaire quand un horizon (souvent entre 60 et 100 cm) montre une cimentation des cailloux par un ciment calcaire. Sous l'encroûtement, le sol peut redevenir pénétrable. Cet "entartrage" du sol s'est fait progressivement (en tout cas pas en moins d'un siècle, ce qui en exclut la reformation pendant la vie d'une vigne sauf cas très particuliers) sous climat chaud à période sèche marquée, et dans les matériaux plutôt perméables, caillouteux et calcaires.

Suivant les cas, ce peut être un simple durcissement sur quelques centimètres ou une véritable dalle de béton de plusieurs décimètres (occurrence très rare dans le canton).

### 3.6 L'INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE SUR L'EVOLUTION DES SOLS

L'évolution d'un sol (approfondissement, décarbonatation sur roche calcaire, différenciation en horizons) dépend de la stabilité de sa position : érosion et perte d'éléments sur les pentes fortes, stabilité sur les replats et les pentes faibles, accumulations de terre (colluvionnement) aux bas des pentes.

De cet équilibre stabilité/érosion dépend l'évolution des sols sur un même matériau.

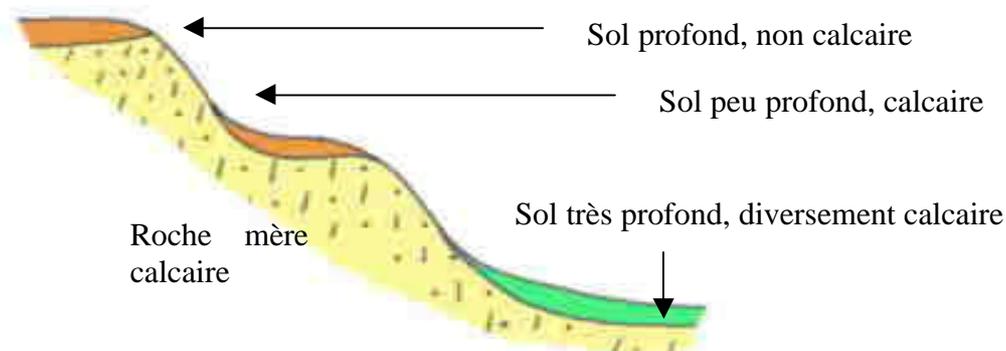


Figure 3 : Schéma de l'influence d'une toposéquence type

D'une façon générale, le caractère calcique (perte plus ou moins totale du calcaire total) est fortement lié à une plus grande profondeur de sol, une couleur plus brune, parfois brun rougeâtre, une charge en cailloux plus faible et plus de silt et d'argile dans la terre fine. Les remaniements, parfois très importants, peuvent masquer ces caractéristiques en surface.

### 3.7 LES PROPRIETES HYDRIQUES DES SOLS

#### *Réserve en eau*

*Tous les chiffres cités dans ce chapitre sont des ordres de grandeur à prendre avec précaution.*

Outre sa très forte liaison (quasi-proportionnalité) avec la teneur en cailloux et la profondeur utilisée par les racines, le point crucial qu'est la réserve en eau est dépendant de la texture du sol mais aussi de sa structure (faculté de former des agrégats petits et poreux ou au contraire de rester en blocs compacts, peu fissurés et peu poreux).

Certains sols argileux se débitent en gros prismes très compacts dans lesquels les racines ne pénètrent pas. L'humidification et la dessiccation de ces sols se fait alors suivant un rythme très différent de celui de sols finement structurés et colonisés par les racines selon une maille plus dense (et la teneur en argile peut être la même dans les deux cas).

La qualité des argiles influe nettement sur la qualité de la structuration spontanée : des argiles à forte CEC donneront des sols mieux structurés (alternance de gonflement /retrait de plus forte amplitude), mais qui se dessècheront aussi plus profondément.

L'acidité et le manque de matière organique conduisent à dégrader au contraire la structure du sol, le rendant battant s'il est limoneux et compact et asphyxiant s'il est argileux. La présence de cailloux et surtout de graviers améliore la structuration des sols argileux en multipliant les plans de fissuration et de décollement. La présence d'argile dans un sol modifie profondément la gestion de l'eau.

#### *Relation quantité d'eau / texture*

Un sol argileux peut stocker 3 à 4 fois plus d'eau totale qu'un sol très sableux (humidité maximum à la "capacité au champ" = 35 % du volume en sol limono-argileux, 8 % en sol sableux).

Mais au-delà d'un certain dessèchement, les plantes ne peuvent plus extraire l'eau du sol.

Un sol argileux "sec" pour la plupart des plantes (autres que la vigne), arrivé à son « point de flétrissement » contient encore de 20 à 25 % d'humidité. Un sol sableux "sec" pour les plantes n'en contient plus que 3 %.

#### *Relation diffusion de l'eau dans le sol / texture*

##### En période de consommation

Dans un sol argileux, l'eau circule lentement mais régulièrement depuis les zones les plus humides du sol vers les zones les plus sèches, asséchées par les racines (l'eau "circule" sous forme de minces films d'eau continus autour et dans des agrégats de terre).

Cette diffusion lente peut se faire au sein des grosses mottes (de l'intérieur de la motte compacte vers l'extérieur de la motte et les fissures empruntées par les racines). Elle se fait aussi des horizons profonds humides vers les horizons moyens (plus d'un mètre dans les sols limono-argileux). C'est probablement ce phénomène lent mais continu qui explique le bon comportement hydrique des sols extrêmement caillouteux de terrasses à galets et horizon argileux profond (terrasses rhodaniennes).

Au contraire, les pores trop gros des sols sableux ne permettent pas une diffusion aussi efficace lors du dessèchement. Quand les films d'eau sont rompus (à la suite d'une forte consommation en journée chaude et ventée par exemple), ils ne peuvent se reformer et l'eau ne circule plus de l'humide vers le sec (c'est le même effet mais favorable cette fois, qui est recherché par le binage qui empêche l'évaporation par la surface en rompant la continuité des pores capillaires qui débouchent vers l'atmosphère).

#### En période de pluie (recharge des sols)

En période de pluie, les sols perméables, donc sableux ou caillouteux, se rechargent mieux et plus vite en profondeur que les sols plus lourds. La même quantité d'eau sera plus efficacement stockée et mise à l'abri de l'évaporation ou du ruissellement. Encore faut-il que la surface ne soit pas battante (silts ou sables fins non calcaires). Quand on sait que les pertes entre pluviométrie et eau infiltrée peuvent atteindre 70 % dans les cas les plus défavorables, il convient de nuancer les raisonnements : un sol de pente à forte réserve théorique (marne argileuse bien structurée par exemple) peut très bien se recharger moins correctement qu'un sol de plus faible réserve, mais couvert d'un masque caillouteux.

Au contraire, en fin de période hiver / printemps très pluvieuse, certains sols argileux seront saturés et rendus à peu près imperméables par le gonflement des argiles qu'ils contiennent. La circulation de l'eau s'arrête, elle occupe l'espace normalement occupé par l'air et l'asphyxie commence. Ceci peut modifier considérablement le volume du bulbe racinaire utile (cycles climatiques secs = approfondissement du volume exploré / cycles humides = diminution du volume exploré) et créer des effets à retardement (année sèche mal supportée après une année humide par exemple : raisonnement sur des cycles pluriannuels de pluviométrie). Dans ce dernier cas, les racines profondes n'arrivent pas à grossir et restent à l'état de chevelus sains associés à des racines plus ou moins « pourries ».

#### ***Relation réserve en eau / comportement qualitatif***

Au niveau de l'interprétation "viticole" de ces données, on peut dire qu'un sol argileux (pris au sens large: plus de 20 % d'argile) "presque" sec (au tiers de la réserve utile) contient encore 0.6 mm par centimètre de sol d'eau fortement retenue, mais encore disponible, alors qu'un sol sableux au même état de rétention n'en contient plus que 0.2 mm. En sol profond (1.50 m) cela représente encore 90 mm pour le sol argileux (900 m<sup>3</sup> par hectare). Il est probable que les rameaux continuent à pousser, le sol n'arrivant à ce point de dessiccation que tardivement dans la saison.

Un sol aussi argileux et profond, mais très caillouteux contiendra 2 à 3 fois moins d'eau au départ, en consommera moins au début (moins de végétation), atteindra plus vite le stade optimal de contrainte et consommera doucement les 40 mm d'eau fortement retenue lui restant, après la mi-juillet.

Un sol sableux moyennement profond consommera plus vite l'eau peu retenue en mai-juin, ce qui favorisera la croissance printanière, mais manquera de réserves de fond pour tenir avec les mêmes 40 mm que le sol précédent, et ceci pendant une période plus longue (env. 1 mois) avec un appareil végétatif plus important.

#### Influence de la force de rétention de l'eau par le sol en période de maturation

Extraire de l'eau fortement retenue par le sol nécessite une forte élévation de la concentration des liquides cellulaires et intercellulaires de la plante et l'on conçoit que les composants du raisin élaborés dans ces conditions ne soient pas de mêmes nature et concentration que lorsque l'eau reste facilement accessible longtemps dans la saison.

Pour que se réalise cette conjonction favorable, il faut qu'un sol "argileux" soit "presque" sec et ceci pendant une durée suffisante, ce qui n'arrive qu'exceptionnellement dans le cas des sols profonds peu caillouteux (les rameaux doivent s'arrêter de pousser et la maturation se poursuivre le plus longtemps possible).

L'allongement des racines en profondeur et le vieillissement racinaire ont un effet un peu similaire puisqu'il faudra plus d'énergie pour remonter de l'eau de 2 mètres, avec des racines vieilles en partie obturées et très tortueuses (sols caillouteux par exemple). Certains calcaires, marno-calcaires ou grès calcaires en plaques peuvent également constituer un milieu contraignant mais non stressant.

Les multiples substances responsables de la qualité finale du vin ne sont pas parfaitement connues, mais on peut imaginer qu'elles ne sont pas toutes synthétisées en même temps, ni au même rythme, au cours du cycle de végétation. Il est même probable que certains composés sont élaborés à des périodes précises d'avancement de la maturation et que leur présence et/ou leur abondance dépendent de l'état de "fraîcheur" du feuillage à cette période précise. C'est à chaque moment du cycle qu'il faudrait donc envisager le niveau de contrainte hydrique opposée aux racines et c'est une hypothèse qui peut expliquer l'infinie variété des millésimes pour les fins dégustateurs (notion d'itinéraire hydrique propre à chaque trio plante/sol/millésime).

Les sols ne sont pas simplement argileux ou sableux, profonds ou non, caillouteux ou non. La nature offre une mosaïque de sols passant progressivement des uns aux autres, drapés sur un relief qui va nuancer les expositions, la pénétration et la circulation interne de l'eau vers les bas de pentes, accentuer ou au contraire atténuer les caractères internes de chaque sol. Chaque parcelle donne bien souvent par elle-même un assemblage naturel de produits.

Par ailleurs, les influences dues aux autres composantes du terroir, climat, cépage, conduite du vignoble, dominant parfois sur les nuances strictement liées aux sols, qui ne peuvent être jugées que toutes choses égales par ailleurs.

En particulier, un équilibre doit être recherché entre le sol, la charge et la surface foliaire exposée (SFE), faute de quoi l'effet «sol» risque de passer inaperçu.

L'interprétation de ces multiples données reste donc un art qui laisse une large part à l'intuition et à la connaissance profonde des vignerons et des techniciens attachés à chaque secteur.

### 3.8 GENERALITES SUR L'HYDROMORPHIE

Les sols hydromorphes présentent des caractères attribuables à un excès d'eau.

Il convient d'en estimer l'origine, la profondeur d'action et la durée pour juger de ses effets néfastes par rapport à une activité humaine donnée.

#### *Les origines des excès d'eau*

L'excès d'eau dans les sols peut avoir des origines variées :

- le ruissellement de sub-surface dans les pentes sur plancher imperméable
- les nappes perchées d'eau stagnante en position de plateau-replat sur plancher imperméable
- les résurgences de nappes souterraines qui créent des mouillères ou des sources locales dans les pentes
- les nappes alluviales en relation avec un ruisseau ou une rivière qui se développent en position basse de plaine.

#### *Les marqueurs visibles*

Les changements d'état d'oxydation du fer et par voie de conséquence ses redistributions en taches de couleurs différentes sont de très bons indicateurs du type d'excès d'eau.

- Si l'engorgement est temporaire, l'oxydation du fer en  $Fe^{+++}$  se marque par la présence de taches rouille. Sous cette forme, le fer est immobilisé.
- Plus la nappe est durable, plus la couleur bleuâtre ou grisâtre du fer réduit en  $Fe^{++}$  domine. Le fer devient mobile et peut migrer.

#### *Les 4 types d'hydromorphie et leurs conséquences agronomiques*

L'intensité et la durée de l'engorgement sont très variables et elles permettent de distinguer 4 types de sols hydromorphes par l'observation des états du fer. Ces 4 types d'hydromorphie sont représentés à la figure 4 et sont dénommés par un chiffre après la virgule ( ,1/ ,2/ ,3/ ,4); cette notation fait référence au système de codification des sols, expliqué au chapitre 4.2.

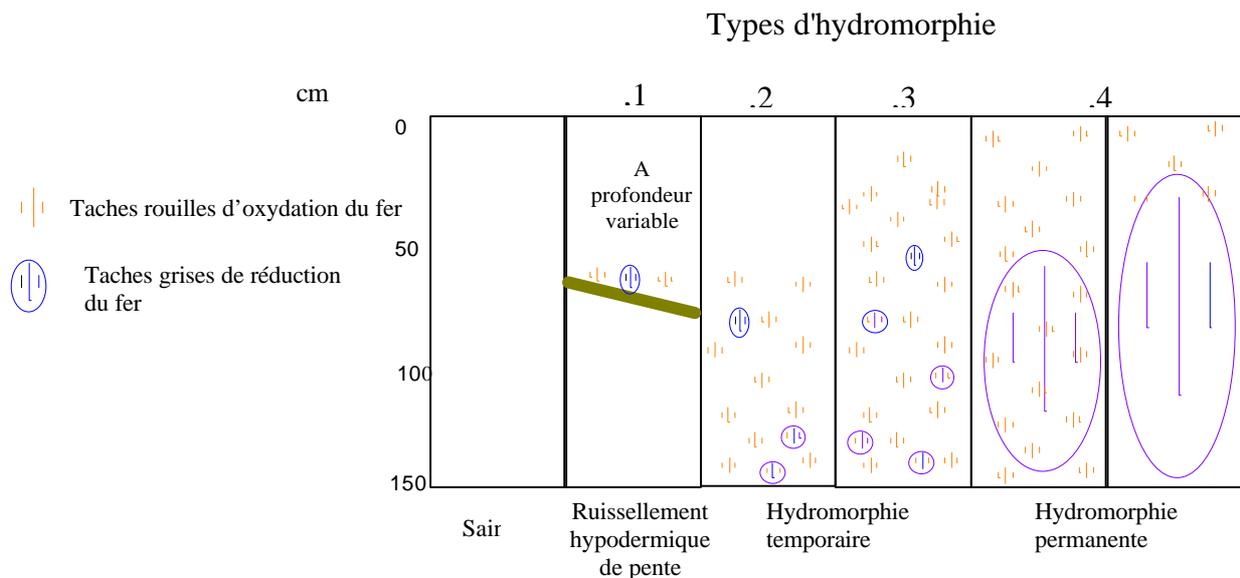


Figure 4 : Schéma des grands types de sols hydromorphes

Hydromorphie de type ,1 : excès d'eau temporaire au contact d'une roche imperméable par ruissellement latéral dans les pentes. Ce type de circulation peut compléter un peu l'alimentation en eau du sol par capillarité après des épisodes pluvieux, sans grandes conséquences sur le comportement des vignes. Des difficultés d'accès à la parcelle peuvent se manifester lors des périodes humides (ressuyage ralenti). Sous le niveau taché, à taches peu contrastées (hydromorphie de faible durée) ou profondes, entre 70 et 120 cm, le sol est en général trop compact pour accueillir convenablement les racines.

Hydromorphie de type ,2 : excès d'eau temporaire en profondeur. Présence d'une nappe printanière plus durable qui induit une ambiance fraîche et même humide des sols par capillarité jusqu'en milieu d'été. Il se crée une atmosphère humide sur les parcelles au printemps, qui s'accompagne souvent d'un ressuyage très lent après les pluies. La programmation des travaux du sol devient plus difficile. Ce type d'excès d'eau peut asphyxier les racines de profondeur les années humides, et être à l'origine de perturbations des vignes selon les enchaînements de millésimes (secs/humides).

Hydromorphie de type ,3 : excès d'eau temporaire à faible profondeur. Les taches rouilles et grises apparaissent avant 50 cm. Présence de nappe temporaire proche de la surface, qui perdure assez longtemps en profondeur. Les sols sont constamment humides ce qui limite leur réchauffement et asphyxie fortement les racines dès 50 cm de profondeur. Le microclimat humide persiste jusqu'aux vendanges et les vignes présentent de fortes variations de vigueur selon les enchaînements de millésimes, présentant paradoxalement des signes de stress hydrique les années sèches succédant à des années humides (le manque de racines de profondeur explique parfaitement ce fait).

Les zones des types ,2 et ,3 sont souvent drainées.

Hydromorphie de type ,4 : excès d'eau permanent à moins de 80 cm de profondeur et temporaire dès la surface. Cette configuration ne permet pas un bon développement des racines. Elle empêche le réchauffement des sols et leur ressuyage et développe une ambiance très humide. Le comportement des vignes est profondément perturbé, les travaux sont très difficiles à programmer.

## 4. METHODOLOGIE ET PRINCIPES DE CODIFICATION DES SOLS

### 4.1 METHODOLOGIE GENERALE

L'étude a pour but de délimiter, sur la carte, des zones géographiques pour lesquelles les caractéristiques de sol importantes pour le fonctionnement viticole sont les plus proches possibles (même roche mère, même degré d'évolution et profondeur d'enracinement de même ordre de grandeur, ces éléments permettant la définition d'un type de sol précis). Ce découpage en unités de sols se fait selon le protocole brièvement rappelé ci-dessous.

#### *Processus d'élaboration des unités de sols*

##### *Phase 1 :*

Synthèse et analyse des documents disponibles : cartes géologiques, coupes, sondages à la tarière existants, photographies aériennes infrarouge au 1:10'000.

Campagne de prospection à la tarière (1 sondage pour 2.5 ha en moyenne, soit une précision de moyenne échelle, 1:15'000 environ).

Préparation des minutes de terrain, de la légende et des documents supports de la première réunion avec les viticulteurs.

##### *Phase 2 :*

Première réunion avec les viticulteurs : présentation et choix des emplacements des profils à creuser.

Ouverture des profils (par les vigneron), description et analyse des profils, prélèvements pour analyse.

Visites de terrain sur les profils les plus représentatifs, avec les viticulteurs et des conseillers.

Numérisation de la carte provisoire, rédaction de la légende, saisie des fiches-profils, fiches-unités, schémas sur la base de donnée.

##### *Phase 3 :*

Séance de validation : explications, présentations, puis validation ou correction des unités de sols et des limites par les vigneron.

##### *Phase 4 :*

Prise en compte des modifications et remarques dans l'élaboration de la carte, édition définitive des fiches de profils, rédaction du rapport d'accompagnement.

#### 4.2 PRINCIPES DE CODIFICATION DES UNITES DE SOLS

Les unités de sols sont définies par des codes qui se lisent comme des codes comptables. Ils se composent de quatre chiffres complétés parfois par un chiffre après la virgule et une sixième position (lettres ou indications spécifiques).

Code exemple : **21 15, 1 X**

**Les deux premiers chiffres** indiquent **la roche mère** (en place ou légèrement déplacée) à l'origine du sol : voir plus bas, liste des roches mères.

**Le troisième chiffre** traduit **le degré d'évolution du sol**. Plus un sol est évolué, plus en général il s'approfondit et devient complexe :

- 0 : **REGOSOL, RENDOSOL**: sol brut et clair très peu différent de la roche mère, pas d'horizon brun net au-delà de 20-30 cm.
- 1 : **CALCOSOL**: sol calcaire sur toute la profondeur, différent de la roche mère par la couleur, le taux de cailloux, la consistance, sur au moins 50-60 cm.
- 2 : **CALCOSOL calcarique**: le calcaire se redistribue en accumulations, amas, à moyenne profondeur ou bien des fragments de tuf font augmenter notablement le taux de calcaire et perturbent la progression des racines.
- 3 : **CALCISOL**: sol issu de roche mère calcaire (moraine ou autre) mais qui a perdu son calcaire sur une partie au moins de ses horizons.
- 4 : **CALCISOL rubéfié**: présence d'un horizon rouge, argileux, décarbonaté, en général vestige ou relique de sols anciens (avant les premières défriches).
- 5 : **BRUNISOL** légèrement acide: sol aux mêmes caractéristiques que le CALCISOL, mais légèrement acide.
- 6 : **LUVISOL**: sol acide et léger en surface, à horizon argileux de profondeur.
- 9 : **UNITE COMPLEXE DE SOLS DIFFERENTS**

**Le quatrième chiffre** reflète **la profondeur d'enracinement** possible et probable :

PROFONDEUR EN CENTIMETRES	
1	P < 50
2	P 50 - 70
3	P 70 - 100
4	P 40 - 100 zones de profondeur variable
5	P 100 - 180
6	P > 150 et pente inférieure à 7 - 10 %
9	Composite, indéterminable, 20 - 250
Les limites sont indiquées avec une signification de +/-10%	

**Le chiffre après la virgule** traduit, le cas échéant, le degré **des excès d'eau** temporaires ou permanents observables (types d'hydromorphie) :

HYDROMORPHIE	
,1	sol à caractère rédoxique léger ou à circulation latérale d'eau
,2	excès d'eau temporaire à une profondeur supérieure à 50 cm (net à 70-80 cm)
,3	excès d'eau temporaire visible à une profondeur inférieure à 50 cm
,4	caractère rédoxique de sub-surface et/ou excès d'eau permanent (gley gris bleu) à une profondeur inférieure à 80 cm

**La sixième position** caractérise certaines **variantes locales** de l'unité de sols :

VARIANTES LOCALES DE L'UNITE DE SOLS	
< 90	unité complexe recouverte par la formation 90
/ 20	unité complexe superposée à la formation 20
+	recarbonaté en surface
A	zones plus plastiques
Ca	accumulations de calcaire tendre en profondeur
Dx	présence de drain ou de lits de cailloux en profondeur
G	zone de glissements actifs ou anciens
R	remblais ou zones fortement remaniées
S	zones plus sableuses
Tour	niveaux organiques enfouis
T	zones à tuf
X	zones plus caillouteuses
Z	zones aménagées en terrasses

Le code exemple 2115,1X signifie donc :

"Calcosol très profond, sur moraine peu compacte, légèrement rédoxique (ou avec circulation latérale d'eau), situé dans une zone plus caillouteuse que la normale".

<b>ROCHE MERE A L'ORIGINE DU SOL</b> (2 premiers chiffres de l'unité)	
<b>20-29 : SOLS ISSUS DE FORMATIONS GLACIAIRES EPAISSES: MORAINES, DEPOTS FLUVIOGLACIAIRES ou GLACIOLACUSTRES</b>	
21	Moraine rhodanienne caillouteuse, peu ou moyennement compacte en général - à éléments grossiers mélangés calcaires et siliceux (EG* mixtes )
23	Sable ou Moraine sableuse peu caillouteuse EG* < 15-20 %
24	Moraine de fond compacte et peu caillouteuse EG*<15- 20 %
25	Moraine « marno-molassique » plus argileuse, peu caillouteuse, litée (rabotage-pétrissage de molasse argileuse)
26	Moraine locale du Chablais à éléments calcaires majoritaires, 40-50% d'EG*, terre fine légère
27	Fluvio-glaciaire, glacio-torrentiel ou moraine très sablo-caillouteuse de retrait
28	Dépôts glacio-lacustres gris beiges et lités (varves de sables et silts très peu caillouteuses)
<b>30-39 : SOLS ISSUS DE MORAINES EN FAIBLE COUVERTURE</b>	
31	Moraine moyenne sur grès molassique
32	Moraine moyenne sur marne molassique
33	Moraine moyenne sur conglomérat molassique
34	Moraine moyenne sur calcaire (jaune jurassien, noir du lias)
35	Moraine locale sur Gypse
36	Moraine sur Flysch
<b>40-49 : SOLS ISSUS DE ROCHES CALCAIRES</b>	
41	Grès calcaire
42	Poudingue calcaire du Pèlerin
43	Calcaire gréseux jaune du Jura
44	Calcaire fortement gypseux/ Gypse
45	Calcaire marneux noir en plaques (Flysch de Chiètres)
46	Marno-Calcaire noir feuilleté peu calcaire de Chiètres
47	Marno-Calcaire beige à bancs marneux
<b>50-59 : SOLS ISSUS DE MARNES ET AUTRE ROCHES CALCAIRES NON OU PEU CONSOLIDEES</b>	
51	Marne limono-argileuse beige
52	Molasse sablo-gréseuse grise ou bariolée du Vully, rares lentilles marneuses lie de vin
53	Marnes rouges à bancs gréseux
54	Marnes bariolées lie de vin/ beige/ bleuté/ocre
55	Marnes beiges à petits bancs gréseux
58	Molasse complexe de l'Orbe à marnes lie de vin, sables beiges, marno-calcaires, calcaires lacustres et grès poreux, fracturés, en lentilles métriques
<b>60-69 : AUTRES ROCHES NON CONSOLIDEES, FORMATIONS SUPERFICIELLES</b>	
61	Eboulis et cônes à éléments anguleux EG* calcaires 40-60 %
62	Eboulis et cônes à éléments anguleux EG* calcaires >60 %
63	Loess (silt éolien) poreux, non caillouteux
64	Cônes torrentiels à éléments arrondis mixtes, terre fine moyenne
68	Épandage caillouteux de coulée boueuse récente et compactée à terre fine lourde
<b>80-89 : SOLS DE PLAINE ISSUS D'ALLUVIONS RECENTES</b>	
81	Alluvions de texture moyenne
82	Alluvions de texture sableuse
83	Alluvions caillouteuses, texture non sableuse
84	Alluvions caillouteuses, texture sableuse sur tout le profil
<b>90-99 : SOLS DE PLAINE ou de PIED DE COTEAUX, ISSUS DE COLLUVIONS RECENTES</b>	
91	Colluvions de texture moyenne
92	Colluvions de texture sableuse
93	Colluvions caillouteuses
97	Colluvions sur cailloutis: EG* > 60 % en profondeur
98	Dépôts variables récents de pentes et combes en bordures de torrents

\*EG = *Eléments grossiers, taille de 2 mm (graviers) à 1 m et plus (blocs)*

### 4.3 PRINCIPES DE LECTURE DES FICHES DE DESCRIPTION

Il existe deux types de fiches de description : les fiches de description des profils et les fiches de description des unités de sol.

#### Fiche de description des profils

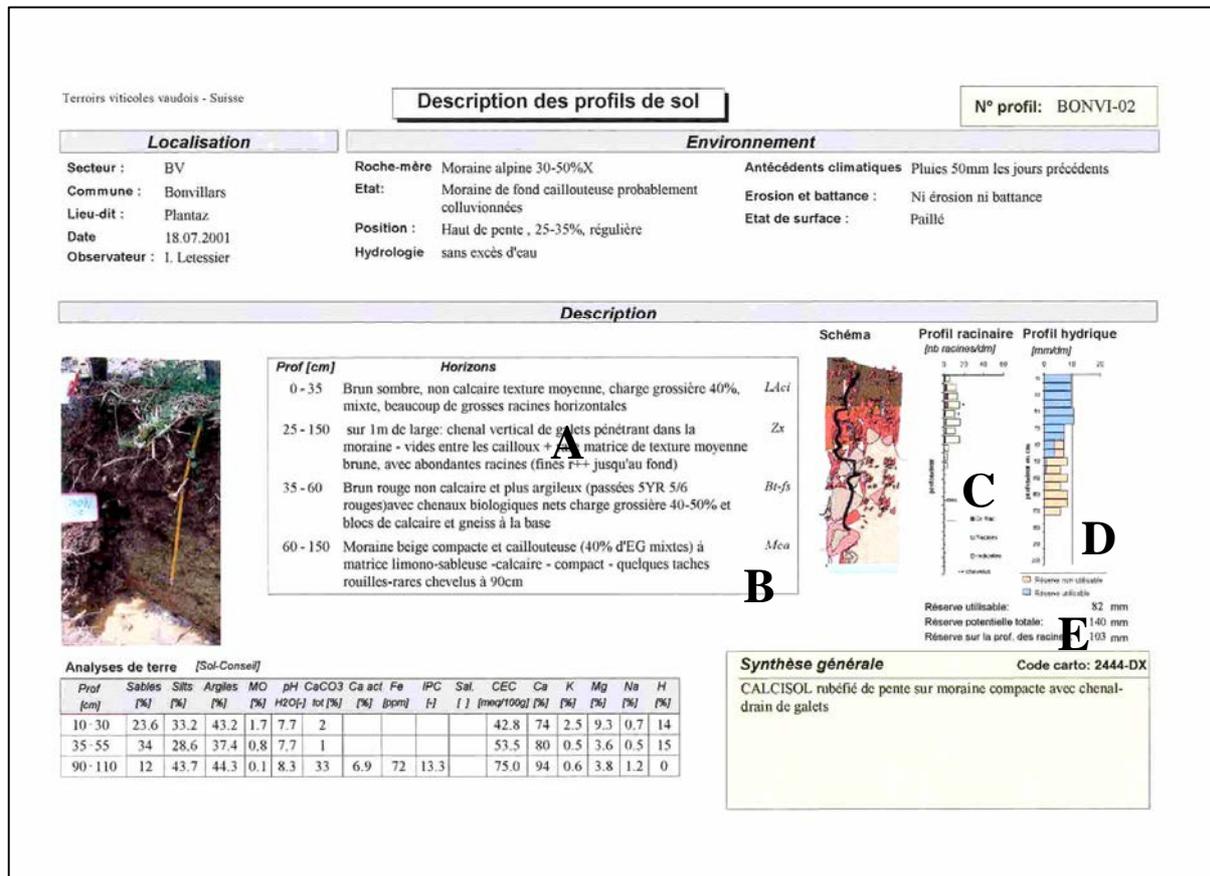


Figure 5 : Fiche de description des profils

#### A. Description des horizons

Les principales caractéristiques des horizons sont décrites en clair, les termes couramment employés sont parfois abrégés, en particulier ceux concernant la texture et les racines.

- **La texture**

La notion de texture est complexe. Elle peut être définie de deux façons.

C'est un jugement sensoriel global sur la composition porté sur le terrain, grâce à des sensations tactiles (pétrissage entre les doigts) mais aussi optiques, auditives voire gustatives.

La texture peut également être déduite de l'analyse granulométrique exprimée sur un diagramme de texture (voir le diagramme du Groupement d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée GEPPA, 1963). Une certaine distorsion entre ces deux façons de définir la texture est normale.

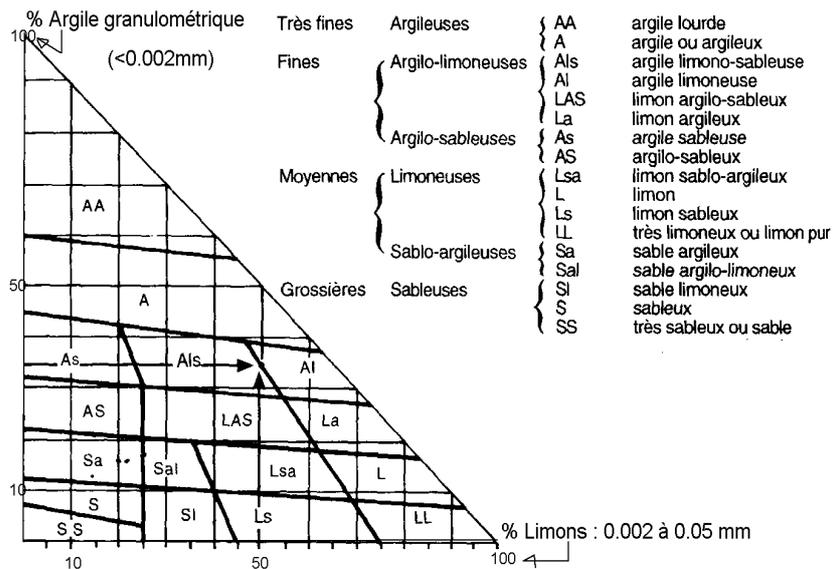


Figure 6 : Diagramme de texture du GEPPA, 1963

### • L'appareil racinaire

Dans le texte de description des horizons, les racines sont évoquées de façon rapide selon leur taille et leur densité de colonisation.

Quelques rares abréviations sont parfois employées pour condenser le texte des profils complexes :

- MO : matières organiques
- EG : éléments grossiers
- CT : calcaire total
- CA : calcaire actif

### B. Noms des horizons

Chacun des horizons est identifié selon la base du Référentiel Pédologique (1995) : voir glossaire. Les horizons profondément transformés par l'homme sont codifiés par un Z.

### C. Le profil racinaire

Des comptages de racines sont systématiquement réalisés sur les profils ouverts, sauf dans quelques cas (profil trop loin de la souche, souche morte, fosse éboulée...) et permettent de dresser un profil racinaire basé sur la taille et le nombre de racines comptées.

Ils sont effectués selon un protocole rapide, en comptant les racines visibles sur une grille maillée de 80 cm de large par catégorie de grosseur : GR diamètre supérieur à 0.5 cm, R de 1 à 5 mm, r moins de 1 mm et ch (+), +, ++ ou +++ selon l'abondance du chevelu très fin et très ramifié.

## D. Le profil hydrique

Les profils hydriques que nous présentons sont une image simplifiée de la taille du Réservoir Utilisable Maximum. Ce n'est évidemment que lorsque ce réservoir est rempli qu'il devient une réserve.

Chaque barre est une estimation en mm d'eau par tranche de 10 cm de sol (= Réserve "décimétrique"). Elle tient compte de la texture et de la quantité d'éléments grossiers. La méthode employée est tirée du Guide pour la description des sols (D. Baize 1995).

Nous introduisons un facteur de pondération qui prend en compte la colonisation observée des racines, ce qui améliore la pertinence des estimations en particulier pour les sols lourds ou compacts. Selon la densité de colonisation racinaire, on estime la part de l'eau utilisable par les racines (en bleu) et la part non (ou difficilement) utilisable (en orange).

## E. Les réserves utiles

A partir du profil hydrique, on peut estimer les réserves en eau du sol (plus exactement le réservoir). Selon le volume pris en compte, trois chiffres sont indiqués sous les graphiques:

Réserve Utilisable : quantité d'eau directement et assez facilement utilisable par la plante (= bleu) dans les horizons bien colonisés par les racines. La réserve utilisable correspond au volume d'eau à la capacité au champ moins le volume d'eau au point de flétrissement "pF4.2", pondéré par un coefficient d'exploration racinaire de 1, 0.5 (moins de 10 fines racines sur la tranche de sol), ou 0.1 (très rares racines ou chevelus dans des plans de fissure).

Réserve sur la profondeur d'enracinement : réservoir utile maximum du sol sur la profondeur d'enracinement. C'est donc ce chiffre qui correspond au réservoir utilisable maximum (bleu + orange sur profondeur d'enracinement.). Il prend en compte sans pondération les horizons peu ou très irrégulièrement colonisés par les racines jusqu'aux dernières observées. La quantité représentée par les surfaces "orange" correspond à de l'eau qui ne peut migrer que très lentement vers des racines rares et/ou en mauvais état.

Réserve Potentielle Totale : quantité d'eau utile que le sol peut stocker sans tenir compte de la morphologie de l'appareil racinaire existant (= bleu + orange en totalité, y compris les horizons profonds sans racines). En effet, ceux-ci peuvent s'humecter lors de longues périodes de pluie, surtout quand la pente est faible. On ne peut pas quantifier l'importance physiologique de cette humidité sous-jacente, mais il est sûr qu'elle a dans certains cas une influence très forte (niveaux de marne ou de moraine de fond sans aucune racine, sous des sols très graveleux par exemple) au moins pour les premiers décimètres concernés. D'autre part, certains sols peuvent être très mal enracinés pour des raisons indépendantes du sol (implantation, premières années difficiles).

**Fiche de description des unités de sol**

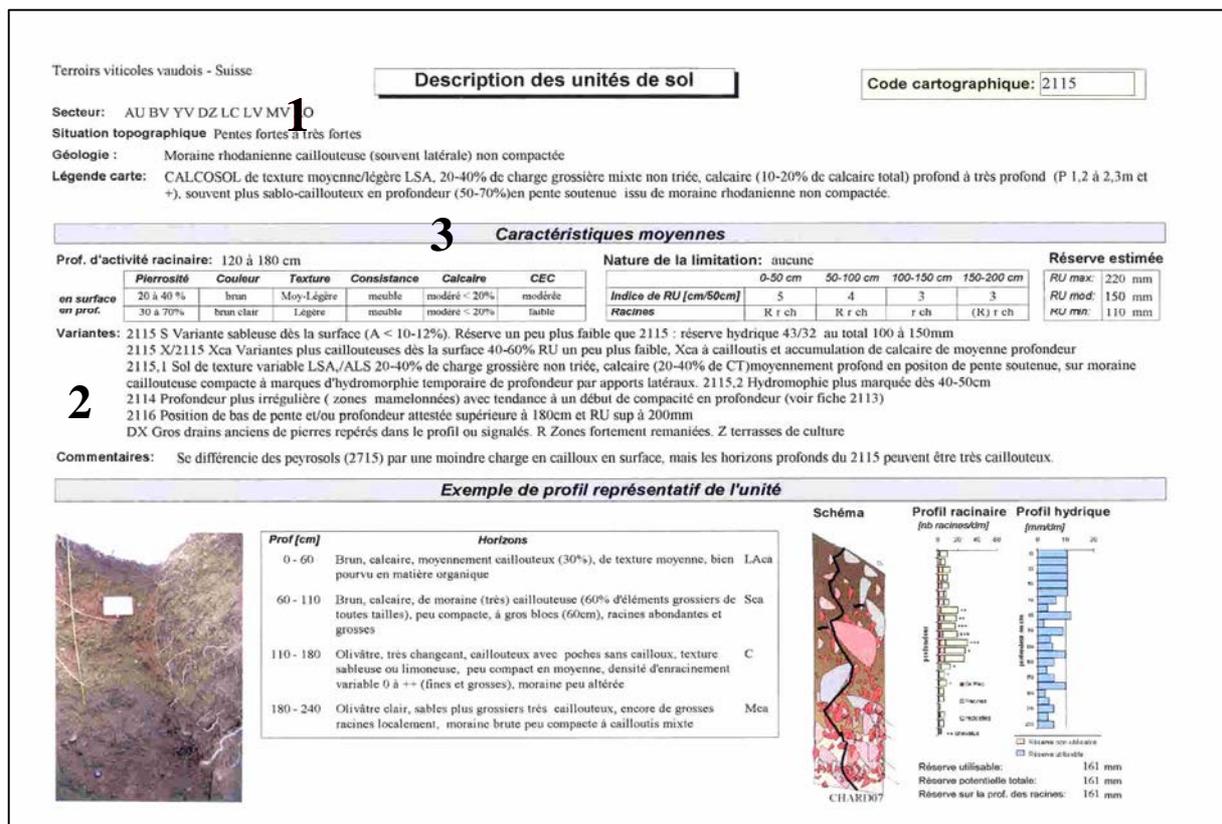


Figure 7 : Fiche de description des unités de sols

**1. Secteurs**

Pour la réalisation de l'étude, le canton a été découpé en quatorze secteurs qu'il est commode de repérer par une abréviation de deux lettres dans la base de données (numérotation des sondages, requêtes groupées etc).

1. CH : Bex et Ollon Zone pilote du Chablais	8. AU : Aubonne, Féchy et Perroy
2. YV : Aigle et Yverne	9. RO : Mont-sur-Rolle, Tartegnin et Coteau de Vincy
3. MV : Vevey-Montreux et Villeneuve	10. LC : Bursinel, Vinzel, Luins et Begnins Zone pilote de La Côte
4. LV : Chardonne et St-Saphorin Zone pilote de Lavaux	11. NY : Nyon
5. DZ : Dézaley, Epesses et Calamin	12. OR : Côtes-de-l'Orbe
6. LU : Villette et Lutry	13. BV : Bonvillars Zone pilote de Bonvillars
7. MO : Morges	14. VU : Vully (Vaudois)

**2. Variantes**

Les fiches de description des unités de sols concernent les unités les plus étendues. Les unités qui ne s'en distinguent que par un ou deux paramètres secondaires sont décrites en tant que variantes de l'unité principale.

### 3. Caractéristiques moyennes

Dans un souci de synthèse, les unités de sols sont décrites par leurs paramètres de fonctionnement moyens.

- La nature de la limitation fait référence aux phénomènes susceptibles de limiter l'enracinement en profondeur.
- Les indices de RU (réserve utile) sont une représentation numérique du réservoir utile (en cm d'eau) calculé pour quatre blocs de sol de 50 cm de profondeur. Cette représentation permet de codifier la répartition de l'eau sur un profil de sol et de distinguer ainsi des sols très différents mais de même réserve : un sol **6/8/0/0** a le même réservoir de 140 mm qu'un sol **3/2/5/4** (**60 + 80 + 0 + 0** et **30 + 20 + 50 + 40** mm). Le premier est « court et large », il s'arrête à un mètre de profondeur. Le second « long et étroit », les racines descendent à 2 mètres.
- Les cases concernant les racines en notent simplement l'absence ou la présence probable.

#### 4.4 LES LIMITES DE LA REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

La précision finale théorique de la carte est de l'ordre du 1:12'500 (une observation pour 2 ha), mais elle est éditée, pour des raisons de lisibilité et de commodité, au 1:7'071 (1 cm<sup>2</sup> = 0.5 ha).

Ce n'est donc pas un travail d'une précision parcellaire alors que le morcellement est fort et que la variabilité des paramètres importants du sol (profondeur, texture, pierrosité, compacité) engendre des unités réelles de moins de 1 ha en moyenne. Cependant, les caractéristiques de chacun des sols présents sur la zone doivent être analysées, décrites et bien comprises.

La nomenclature des unités de sol et des profils est basée sur les mêmes principes, mais s'il est toujours possible de rattacher un profil à un code simple, certaines unités de sol sont des complexes de plusieurs sols juxtaposés et impossibles à cartographier à cette échelle :

- Exemple : les unités NNN4 sont par définition de profondeur variable (40 à 100 cm) et donc elles sont composées d'unités NNN2, NNN3, voire NNN5. Il est donc logique de trouver un **profil** 2113 dans une **unité** 2114.
- Cas particulier : l'unité de sol 3399 (poudingue du Pèlerin) est formée d'unités simples 3343 + 3344 + 3313 + 3314 + 3215 + 5215, quelques passées de 2115, juxtaposées sans connexion évidente avec la topographie actuelle (très importants et très anciens remaniements d'origine humaine et/ou variations aléatoires et rapides des couches de roche mère). Sa définition est alors précisée dans la fiche d'unité.

Parfois une logique est facile à trouver en fonction de la topographie :

- Exemple : les unités 2414 sont souvent des combinaisons de 2412 ou 2413 en haut de pente convexe passant progressivement à 2415 dans le tiers inférieur de la pente ou les pentes modérées inférieures à 10-15 %.

## B) PARTIE SPECIFIQUE AU SECTEUR

### 5. TRAVAUX REALISES

#### 5.1 INVESTIGATIONS ENTREPRISES DANS LE SECTEUR

Les 49 hectares de l'appellation ont été cartographiés.

La prospection à la tarière a été conduite durant le mois de septembre 2002. 37 sondages ont été effectués.

Le creusement et l'observation de 5 profils se sont déroulés durant le mois d'août 2003. Une partie a été visitée en groupe.

Un certain nombre de profils et d'analyses de terre de vigneron ont été intégrés pour la synthèse, de même que les études géotechniques ou agronomiques préexistantes sur la zone.

#### 5.2 LISTE DES PROFILS DU SECTEUR

5 profils ont été creusés sur le secteur.

N° de profil	Commune	Lieu-dit	Code cartographique*
CONST.01	Constantine	Champ Golliard	2413 X
MONTM.01	Montmagny	Au Vion	5235,1
BELLE.01	Bellerive	Les Rintzes	5335
VALLA.01	Vallamand	Les Groupes	5215
MUR.01	Mur (VD)	Les Combredoux	5212 SS

\* Le système de codification est expliqué au chapitre 4.2.

## 6. PRESENTATION TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DU SECTEUR

### 6.1 PRESENTATION GENERALE

Le vignoble du Vully est bien groupé sur le revers exposé au sud-est du prolongement du Mont Vully. Large d'un kilomètre au maximum, il s'étage entre 430 et 550 m d'altitude, sur des pentes soutenues proches de 40 % de moyenne.

D'après la carte géologique, c'est la molasse d'eau douce inférieure "MDI" de l'Aquitanién (-25 millions d'années) qui constitue la totalité du sous-sol du coteau viticole. Elle est un peu plus récente que celle de l'Orbe et présente des caractères un peu similaires (couleur, alternances marnes et grès) quoique plus variables, car le bassin de dépôt était en phase finale de comblement. Il semble également que la dominante soit ici bien plus grés-sableuse que dans la région de l'Orbe.

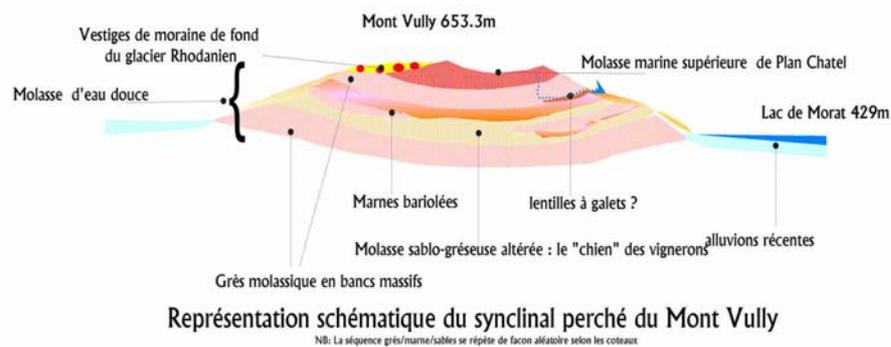


Figure 8 : Coupe géologique simplifiée du Mont Vully

C'est donc une alternance rapide et rythmée de gros bancs de grès qui arment le coteau, séparés par des passages "mous" de grès argileux très altérés, passant progressivement à des lentilles de marnes rouges, lie-de vin, verdâtres ou grises, avec tous les intermédiaires possibles de texture en quelques mètres.



Figure 9 : Alternances grès altérés (à droite) et marnes bariolées de la molasse du Vully (quelques mètres entre les deux clichés)

Le sable gréseux donnant facilement des sols sableux très sensibles à l'érosion, de nombreux sols du Vully proviennent d'épaississement par descente de sables le long des coteaux et pas seulement d'évolution verticale à partir de la roche qui se situe en dessous. Ainsi, des horizons de sables peu argileux et encore calcaires peuvent recouvrir d'anciens sols plus argileux et non calcaires, formés sur place au dépens des marnes bariolées sur des replats intermédiaires.

Ce secteur est moins sujets aux glissements que la partie située sous le Mont Vully proprement dit.

## 6.2 LES PRINCIPALES ROCHES MÈRES DU SECTEUR

La mise en place des roches mères est illustrée par les figures 1 (canton), 8 et 10 (local).

### *Les moraines*

Les moraines sont des matériaux transportés et déposés par les glaciers. Il y a 35'000 ans, les glaciers étaient au maximum de leur extension, puis ont considérablement reculé voilà 12'000 ans. Dans le canton de Vaud, le glacier du Rhône, épais d'environ 1 km, drainait de nombreux glaciers locaux, de taille plus modeste, qui descendaient des massifs préalpins le long des principales vallées torrentielles. Si ce glacier est bien passé par le Vully et a abandonné des placages de moraines sur les plateaux, les pentes viticoles n'en montrent plus que de très rares vestiges (galets isolés) qui n'interviennent plus dans la formation du sol.

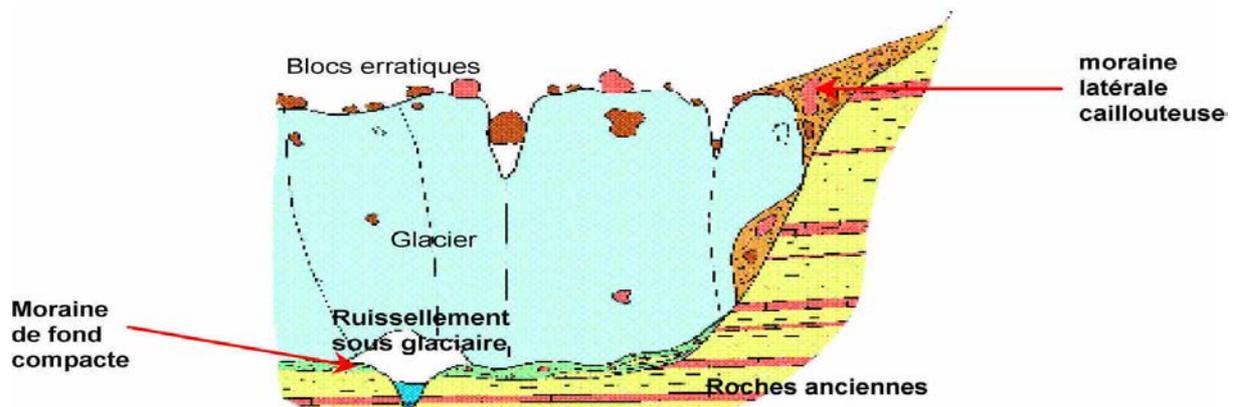


Figure 10 : Coupe schématique d'un glacier

Les moraines peuvent être sommairement classées en trois type de roches mères :

1. Moraines latérales caillouteuses rhodaniennes à cailloutis mixte (30 à 60 % d'éléments grossiers, siliceux et calcaires) et terre fine moyenne/légère.
2. Moraines de fond peu caillouteuses (0 à 30% d'éléments grossiers), limoneuses (particules très fines mais peu gonflantes), gris beige. Déposées sous les glaces, soumises à de fortes pressions (800 T/m<sup>2</sup>), elles sont non poreuses, massives, parfois fissurées selon des faces de compression (plans de discontinuités en lames obliques) et très compactes.
3. Moraines de retrait et/ou formations fluvio-glaciaires, beaucoup plus gravelo-caillouteuses et/ou sableuses (moraines sableuses), toujours meubles.

Type de matériau	code*	Éléments Grossiers	Compacité	Calcaire Act/tot	Calcaire total %	Calcaire actif %	Argile %
Moraine latérale caillouteuse	21	25-60%	Variable	0.15 à 0.2	20 à 25	4 à 7	10 à 18
Moraine de fond	24	10-30%	Très forte	0.25 à 0.5	20 à 25	7 à 12	12 à 25
Moraine de retrait sableuse	23	0-20%	Variable	0.1	10 à 20	2 à 7	5 à 10
Moraine de retrait caillouteuse	27	60 à 90%	Meuble	0.1	10 à 25	2 à 7	5 à 10
Moraine «locale» ( Chablais uniquement)	26	40-70%	Modérée	0.15	20 à 50	5 à 10	13

\*Code de la roche mère : le système de codification est expliqué au chapitre 4.2.

Figure 11 : Principales propriétés des matériaux glaciaires

### ***Les dépôts glacio-lacustres***

Au cours des épisodes glaciaires, de nombreux lacs de barrages glaciaires se sont formés çà et là lors des retraits (les lacs de Morat et Neuchâtel en sont deux témoins). Leurs dépôts sont en général silto-sableux ou sableux, lités (varvés), de couleur gris bleu. Ces formations sont peu étendues, mais il est possible que certains sables très clairs, trouvés à Mur par exemple, aient une telle origine.

### ***Les molasses d'eau douce gréseuses, marno-gréseuses et marneuses***

La molasse du Vully est une formation complexe, constituée entre autres de plusieurs bancs durs, correspondant aux grosses barres de plusieurs mètres qui arment le coteau dans sa partie haute (bois de Chabrey), mais aussi dans sa partie basse où ils sont bien visibles depuis la route du lac. Ces bancs sont entrecoupés de passages plus tendres, plus aptes à la mise en culture, mais très variables.

Dans son ensemble, cette molasse "d'eau douce" est une formation issue de dépôts fluviaux sableux, rarement caillouteux, déposés il y a 20 millions d'années dans une grande plaine d'inondation en piémont des jeunes reliefs alpins. Des lacs et des étangs se formaient et disparaissaient autour des méandres des rivières. Dans ces eaux plus calmes se déposaient les éléments nettement plus fins, silteux et argileux, calcaires, qui sont à l'origine de niveaux marneux souvent bariolés rougeâtre, gris, bleuté, intercalés entre les bancs durs.

Dans les zones cultivées, la molasse prend plus souvent l'aspect d'une roche calcaire moins consolidée que le grès des barres rocheuses citées plus haut. Elle est formée de sables plus ou moins cimentés et plus ou moins silteux ou marneux, qui se pourrit rapidement sous l'effet de l'eau et des racines en donnant ce résidu bariolé jaune, gris, bleuté, débité en plaques peu dures que les vignerons nomment le rocher de « chien ». Cette roche fond rapidement à l'air et sous l'effet du travail du sol; les sols qui en sont issus sont donc légers, mais pas ou peu caillouteux.

Certaines passées de ce "rocher de chien" sont plus silteuses, se débitent en plaquettes et donnent des sols plus collants et plus calcaires, beaucoup plus "séchants".

Enfin, on trouve les niveaux plus lourds et bariolés déjà signalés, qui servent souvent de roche mère aux sols des replats les plus larges.

Entre les deux pôles extrêmes, gréseux dur et marneux tendre, il existe donc de multiples intermédiaires ou variantes en dureté, composition et stratification.

### ***Les colluvions***

Ce sont des accumulations de terre aux bas des pentes, issues de l'érosion par ruissellement des versants dominants. Les pieds de coteaux sont nettement colluvionnés et en général peu ou pas caillouteux (0-20%). Ils portent des sols sains ou rendus hydromorphes soit par la présence d'une nappe d'eau soit par leur compacité propre.

## 7. LES UNITES DE SOLS DU SECTEUR

### 7.1 SOLS ISSUS DE MORAINES

Comme indiqué précédemment, les traces de dépôts glaciaires sont ici très rares dans le vignoble, bien que très répandus sur le haut du plateau et son revers exposé au nord-ouest. Le glacier, en creusant la dépression du lac de Morat a plutôt décapé la molasse du versant sud-est et son passage se résume à la présence de quelques galets épars.

Il est cependant probable que le profil de Constantine (CONST.01), qui présente un niveau supérieur avec galets sur un silt jaunâtre très compact qui gêne fortement la descente racinaire, corresponde à un placage résiduel de moraine de fond. Ce profil n'est en tout cas pas représentatif de la molasse du Vully.

### 7.2 SOLS ISSUS DU POLE SABLO-GRESEUX DE LA MOLASSE D'EAU DOUCE

#### *Rappels sur la roche mère*

Cette formation est très présente sur le secteur et lui confère toute son originalité. Elle est constituée de niveaux de grès très irrégulièrement indurés :

- lorsqu'ils sont très cimentés par le calcaire, ils forment des barres très visibles dans le paysage;
- dans les zones viticoles, s'ils portent des sols cultivables, c'est qu'ils sont naturellement moins consolidés; ils s'altèrent rapidement en sable gréseux plus ou moins silteux, à débit en plaques, de couleur jaune bariolée de gris ou de bleu. Ces formations peu stables ont tendance à glisser dans la pente, surtout au niveau des zones plus humides, au-dessus des fines lentilles marneuses qui forment une couche « savon » propice au décollement.

#### *Principes de répartition des sols*

5204 : aucun vrai profil n'a malheureusement été positionné purement sur ce matériau (appelé rocher de "chien"), les deux le visant étant tombés sur des variantes à poudingue de galets peu épais (50 cm) mais compact, l'un sur sable jaune pâle pur (MUR.01), l'autre sur silt jaune de structure très massive et continue à aspect de moraine de fond (CONST.01).

De par sa nature friable et très érodable, ce matériau ne peut affleurer clairement dans les talus naturels, mais il est bien connu des viticulteurs. Une bonne coupe très fraîche au-dessus de Cotterd a cependant permis de bien en voir les variantes.

Au vu du comportement viticole sur ce rocher de «chien» classique, que nous avons atteint maintes fois à la tarière dès 30 cm, on peut dire que ce matériau est poreux, un peu marneux par endroits (mélange des sables avec des silts ou des argiles calcaires d'enrobage des grains de sable) et que son débit en plaques obliques plongeant vers le cœur du massif (inverse à la pente donc) est favorable à une bonne pénétration racinaire. Ce sable marno-gréseux brut a une porosité non négligeable et peut donc contribuer à l'alimentation hydrique, donnant des sols légers (entre 10 et 14 % d'argile dans la grande majorité des cas), très minéraux et peu

fertiles (l'horizon humifère brun fait parfois moins de 30 cm), mais jamais stressants si la charge en raisin y est bien réglée.

Le code 5204 reflète donc la très faible profondeur de sol brun "organique" (3<sup>ème</sup> chiffre = 0, régosol), mais aussi la profondeur assez importante de la progression des racines dans la roche altérée (4<sup>ème</sup> chiffre = 4) qui participe largement à l'alimentation hydrique et minérale.

5202 Lca : à quelques rares endroits (en limite de parcelle souvent), les sols sont très clairs dès la surface et présentent des plaquettes de grès fin, silteux, beige bleuté ou des plaquettes de calcaire marneux en surface. Ce sont là des sols réellement très peu profonds qui s'érodent pour donner en contrebas des sols plus profonds, mais silteux et collants et plus calcaires que ce que l'on trouve habituellement.

5215 : à l'inverse, sur des pentes plus concaves ou dans les parties inférieures de pentes, l'horizon sableux, brun et calcaire s'épaissit au-delà de 1 mètre.

5214 : quelques zones de topographie complexe mamelonnée portent des sols de profondeur variable (alternance entre les codes 5204 et 5215). Ce code est utilisé par défaut dans les petites parcelles non visitée.

5235 : les replats stables permettent la dissolution des éléments calcaires et l'épaississement du résidu sableux sur plus de 1.20 m. Cet épaississement sableux calcique (0% de calcaire total) est également observé dans les pentes pourtant fortes qui dominent Vallamand-Dessous et sous Mur. Le sable associé à des silts fins prend une consistance molle très particulière à l'état humide et devient probablement fluant (il s'agit probablement de l'altération en place de passages de la molasse initiale particulièrement sableux et peu ou non calcaires au départ).

5235.2 Tour : vers MONTM.01, un niveau noir un peu plus gras de sol ancien est atteint et une hydromorphie de profondeur est observée, provenant de zones sourceuses situées plus haut, sous le village.

5255 : au-dessous de Mur, il semble que le sol du replat deviennent légèrement acide (pH terrain).

NB : les variantes R ou Z signalent les zones très remaniées (R) ou remodelées en grandes banquettes ou terrasses de cultures (Z).

Terroirs viticoles vaudois

## Description des unités de sol

Code cartographique: 5204

Secteurs : VU

Situation topographique : pentes, pentes convexes

Géologie : pôle sablo-gréseux de la molasse d'eau douce du Vully

Légende carte : CALCOSOL/ARENOSOL de texture légère (-15% argile), peu caillouteux, peu calcaire (-de 15% de calcaire total), horizons bruns sur moins de 50 cm, en pente, sur grès en plaques bariolé et altéré en sable-silteux bariolé (= le "Chien"). Les racines pénètrent irrégulièrement dans la masse bariolée de la molasse (indice de profondeur 4).

## Caractéristiques moyennes

Prof. d'activité racinaire : 80 à 120 cm et plus

Enracinement limité par : rocher progressivement plus compact

Réserve estimée

	Pierrosité	Couleur	Texture	Consistance	Calcaire	CEC
en surf.	0	brun	légère	meuble	variable	modérée
en prof.	Rocher altéré	bariolé	légère	meuble	élevé	variable

	0-50 cm	50-100 cm	100-150 cm	150-200 cm
Indice de RU [cm/50cm]	6	4	2	?
Racines	R r ch	(R)- r ch	(R) (r) ch	?

RU max:	160 mm
RU mod:	120 mm
RU mini:	90 mm

Variantes : 5204 S Variante : profil sur sable pur jaune clair de Mur (reprise sous glaciaire du sable de molasse)

5202 Lca Variante à plaquettes silteuses, moins poreuses, plus calcaire, très séchard

5215 Variante nettement épaissie, plus de 1 m de terre brune, légère, texture parfois un peu plus moyenne en profondeur (LAS)

5214 Secteurs de profondeur variable (5204/5215)

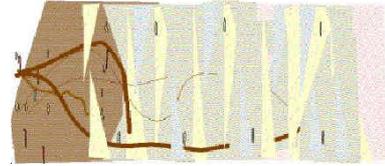
5215,2 Variante à excès d'eau de profondeur, par arrivées latérales (combes, bas de concavités)

Commentaires : Le profil présenté est un profil "fictif". La porosité efficace du rocher de chien est une porosité de roche et non de sol.

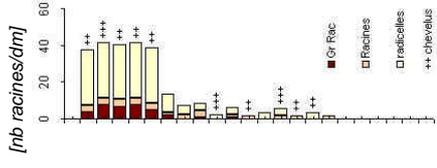
## Exemple de profil représentatif de l'unité

Prof [cm]	Horizons
0 - 30	Brun, texture légère, peu calcaire, bonne porosité, structure polyédrique peu nette, à sous structure grumeleuse fine (semelle peu nette de 30 à 40cm) LAcA
30 - 80	Jaune, un peu mélangé à de la terre brune de surface, texture légère, poches plus silteuses fines, très calcaires, amas blancs de calcaire (5-10%) débris de grès très altéré, poreux, racines entre ces débris, chevelus plaqués sur les faces Cca
80 - 130	Rocher jaune, bariolé, peu dur, débit en plaques irrégulières plutôt obliques, poches plus mameuses rougeâtres, racines rares plaquées sur les plaques R

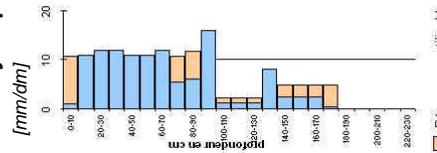
## Schéma



## Profil racinaire [nb racines/dm]



## Profil hydrique [mm/dm]



Terroirs viticoles vaudois

Secteurs :

VU

**Situation topographique :** pentes modérées, rarement pentes fortes

**Géologie :** pôle sablo-gréseux de la molasse d'eau douce du Vully, très altéré ou un peu colluvionné

**Légende carte :** ARENOSOL calcique, profond, non caillouteux.

## Description des unités de sol

Code cartographique: 5235

### Caractéristiques moyennes

**Prof. d'activité racinaire :** sup. à 150 cm

**Enracinement limité par :** néant

**Réserve estimée**

	Pierrosité	Couleur	Texture	Consistance	Calcaire	CEC
en surf.	0%	brun	moy-légère	meuble	0%	modérée
en prof.	0%	brun roux	légère	meuble	0%	faible

	0-50 cm	50-100 cm	100-150 cm	150-200 cm
Indice de RU [cm/50cm]	5	7	5	2
Racines	R r ch	R r ch	R r ch	r ch

RU max:	300 mm
RU mod:	190 mm
RU min:	170 mm

**Variantes :** 5235 Sol profond, léger, non calcaire, sur sable décarbonaté (altération de molasse sableuse peu calcaire en place ou colluvionnée sur replat)

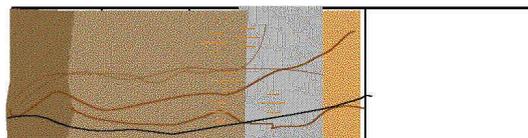
5233 Sol moyennement profond (70-90cm) sur sable ou grès plus compact

**Commentaires :** Le profil présenté représente la variante 5235,2 Tou.

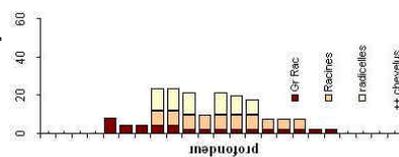
### Exemple de profil représentatif de l'unité



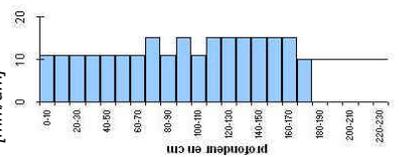
#### Schéma



#### Profil racinaire [nb racines/dm]



#### Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 229 mm  
Réserve potentielle totale: 229 mm  
Réserve sur la prof. des racines: 229 mm

Prof [cm]	Horizons
0 - 50	LAc Brun sombre à chenaux de vers très sombres, texture légère, légèrement calcaire, structure continue très poreuse, activité biologique intense, racines abondantes dans les chenaux
50 - 90	Aci Brun plus clair, un peu plus d'argile (10-15%), racines verticales, serrées à plusieurs dans les chenaux de vers verticaux, activité biologique importante
90 - 110	Identique au précédent, plus humide avec grosses taches rouille localisées
110 - 170	IIAc Niveau organique fossile gris sombre, argilo-sableux, faisant un peu obstacle à l'écoulement latéral des eaux du coteau, taché de rouille, racines vives jusqu'à 170 cm, mais pas de chevelus ni de très fines
170 - 180	IISci Sable brun roux, non calcaire, non taché, la nappe est donc perchée

### 7.3 SOLS ISSUS DU POLE MARNEUX DE LA MOLASSE D'EAU DOUCE

Des passées de marne bariolée se retrouvent localement en plusieurs endroits des coteaux (Vallamand et surtout Bellerive). Curieusement, nous n'en avons pas trouvé à Constantine, alors que le principal domaine viticole se dénomme « les marnes ». Elles sont intercalées entre les bancs de grès massifs qui arment les principaux ressaut de pentes et les niveaux de « rocher de chien » qui affleurent quasiment sur toutes les parties convexes des pentes fortes.

Sur quelques pentes régulières et soutenues ou convexes, les sols sont de texture moyenne, plus lourde en profondeur, brun légèrement roux, moyennement profonds, mais assez compacts au niveau de la marne brute (CALCOSOL, unité 5313, profil B24 du SESA).

Plus fréquemment, c'est sur les pentes plus modérées (10-15%) que l'on va trouver ces sols alors plus évolués : profonds, sans calcaire, avec un horizon intermédiaire plus argileux qui présente une structure pédologique prismatique assez bien affirmée (CALCISOL, unité 5335).

En remontant vers le coteau, il est naturel de trouver en partie supérieure du sol un horizon plus léger et calcaire, de 40 à 80 cm d'épaisseur, « descendu » des pentes sablo-gréseuses (unités 5335 +, recarbonatées et allégées en surface).

Le sommet du petit coteau viticole de Chabrey est constitué d'un sol argileux peu profond (60 à 80 cm), issu de l'altération de la marne bariolée, elle-même déjà décarbonatée, compacte, qui garde l'eau (unité 5333,2).

Ces sols ne sont jamais caillouteux.

Terroirs viticoles vaudois

Secteurs : VU MV

Situation topographique : replats, pentes modérées

Géologie : pôle marneux de la molasse d'eau douce bariolée

Légende carte : CALCISOL de texture lourde (plus de 25-30% d'argile), à résidus de plaquettes gréseuses en surface, peu calcaire ou calcaire, de profondeur supérieure à 160 cm, en bas de pentes concaves, issu de marnes peu calcaire (argiles) rouges ou bariolées.

## Description des unités de sol

Code cartographique: 5335

## Caractéristiques moyennes

Prof. d'activité racinaire : sup. à 150 cm

Pierrosité	Couleur	Texture	Consistance	Calcaire	CEC
0%	brun	moy-lourde	meuble	0%	élevée
0%	brun rouge	lourde	peu compact	0%	élevée

Enracinement limité par : néant ou compacité de profondeur

0-50 cm	50-100 cm	100-150 cm	150-200 cm
9	9	8	8
R r ch	R r ch	r ch	r ch

Réserve estimée

RU max:	300 mm
RU mod:	250 mm
RU min:	200 mm

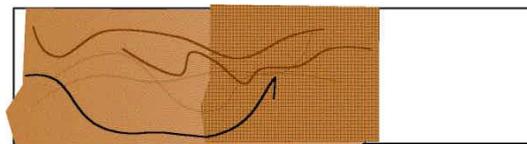
Variantes : 5335 + Variante à horizon de surface allégé et un peu calcaire (par descente de terre depuis les pentes sableuses ou gréseuses dominantes)  
5333,2 CALCISOL lourd, moyennement profond sur argile bariolée, très peu ou non calcaire, rédoxique

## Exemple de profil représentatif de l'unité

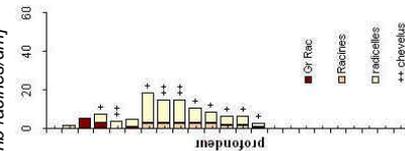


Prof [cm]	Horizons
0 - 30	LAci Brun, texture moyenne lourde (LAS-20-25% d'argile), non calcaire, non caillouteux, structure polyédrique peu nette, assez dure
30 - 90	Sci Brun plus vif, texture moyenne lourde, structure prismatique assez nette mais ajustée (frais), revêtements luisants un peu plus brun et plus argileux sur les faces d'agrégats, bien enraciné verticalement entre les agrégats, grès glauconieux altéré
90 - 100	Cca Bande ondulée effervescente, à fantômes de cailloux calcaires ou pompées
100 - 170	Sci Brun rougeâtre, non calcaire, texture moyenne, un peu plus compact, structure prismatique (5 cm de haut et 3 cm de large) à faces luisantes, ajustée, continue à d'autres, racines se raréfiant progressivement jusqu'à 140 cm, non vues au-delà

## Schéma



## Profil racinaire [nb racines/dm]



## Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 245 mm  
Réserve potentielle totale: 298 mm  
Réserve sur la prof. des racines: 245 mm

#### 7.4 SOLS ISSUS DE COLLUVIONS DE BAS DE PENTE

##### *Rappel sur la roche mère*

La terre arrachée par ruissellement aux pentes dépourvues de couverture végétale vient s'accumuler progressivement aux pieds des coteaux, en formant les colluvions. Les sols issus de ces colluvions (COLLUVIOSOLS) sont peu différents de leur matériau d'origine (les colluvions), car leur mise en place est très récente (périodes historiques). Nous excluons de cette référence les sols de pente supérieure à 3-4%.

9235 R : comme les vignes des parties inférieures du coteau de Vully sont toujours pentues ou très pentues, car accrochées sur le banc de grès inférieur de la molasse, il est normal qu'il n'y ait pas de colluviosols. Une exception est à signaler au pied du petit coteau de Chabrey (**9235 R**), toute petite zone de bas de pente, par ailleurs assez fortement bouleversées par le tracé du chemin de remaniement.

Terroirs viticoles vaudois

## Description des unités de sol

Code cartographique: 9136

Secteurs : LC MO NY AU BV YV DZ MV RO LV MV CH

Situation topographique : bas de pentes/plaines

Géologie : colluvions de plaine

Légende carte : COLLUVIOSOL calcique de texture variable LSA/ALS calcique, profond (P sup. 1,30m), brun à brun sombre sur une grande profondeur, moyennement caillouteux (0-20%), des bas de pente colluvionnés, parfois recarbonaté en surface par apports.

## Caractéristiques moyennes

Prof. d'activité racinaire : sup. à 120 cm

Enracinement limité par : néant

	Pierrosité	Couleur	Texture	Consistance	Calcaire	CEC
en surf.	0-10%	brun	moy-lourde	meuble	0-5%	10-22
en prof.	0-10%	brun sombre	moy-lourde	meuble	0-10%	10-18

Indice de RU [cm/50cm]		Racines	
0-50 cm	8	50-100 cm	8
100-150 cm	7	150-200 cm	7
R rch		R rch	

Réserve estimée

RU max:	350 mm
RU mod:	300 mm
RU min:	250 mm

Variantes : 9135 Colluviosol calcique profond et sain

9135,2 Colluviosol calcique à caractère rédoxique présent dès 60-80cm de profondeur. 9134,3 Colluviosol calcique à caractère rédoxique présent dès 40-60cm

9316 Colluviosol calcaire caillouteux (20-40% dès la surface). 9336 Colluviosol calcique caillouteux

9136,1 Variante calcique et très profonde présentant un excès d'eau temporaire en profondeur

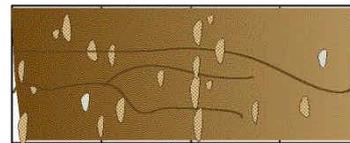
9146 Présence d'un niveau rubéfié (rouge, peu ou non calcaire) enfoui. 9156 Colluviosol profond légèrement acide

## Exemple de profil représentatif de l'unité

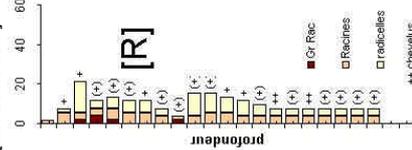


Prof [cm]	Horizons
0 - 50	LAc1 Brun sombre, texture moyenne lourde, non calcaire, poreux, frais, meuble, bonne teneur en matière organique bien décomposée, structure fragmentaire assez nette
50 - 110	Ac1 Transition très progressive, un peu plus clair, un peu moins structuré, mais toujours meuble, activité biologique moyenne, chenaux et pores enduits de revêtements plus sombres, 1 ligne de galets vers 110cm
110 - 200	Cc1 Peu différent, brun plus clair, un peu moins argileux, pas de structure visible, mais toujours une bonne porosité d'origine biologique, les fines racines visibles sont mortes

## Schéma



## Profil racinaire [nb racines/dm]



## Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 327 mm  
 Réserve potentielle totale: 327 mm  
 Réserve sur la prof. des racines: 327 mm

## 7.5 REPARTITION DES SOLS DU SECTEUR

Code	Surface en ha	%
2413x	0,50	1,0
5202 Lca	0,27	0,5
5204	20,48	41,1
5204 Sx	1,65	3,3
5204.2	0,05	0,1
5204var	0,42	0,8
5214	3,32	6,7
5215	1,76	3,5
5215 Lca	0,49	1,0
5215 R	0,72	1,4
5215 Z	1,13	2,3
5215.2	0,86	1,7
5215<92	0,25	0,5
5233	0,21	0,4
5235	6,26	12,6
5235 Pen	0,63	1,3
5235 Z	0,14	0,3
5235,2 T	0,34	0,7
5235.2	0,42	0,8
5235G<53	0,33	0,7
5255	1,19	2,4
5313	1,35	2,7
5333.2	0,66	1,3
5335	3,67	7,4
5335 +	1,92	3,9
5335 G	0,50	1,0
9235 R	0,35	0,7
TOTAL	49,87	100,0

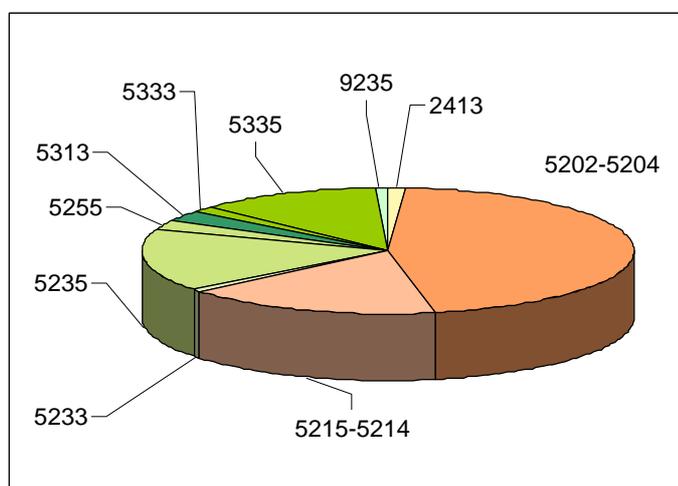


Figure 12 : Répartition des sols par code sur le secteur

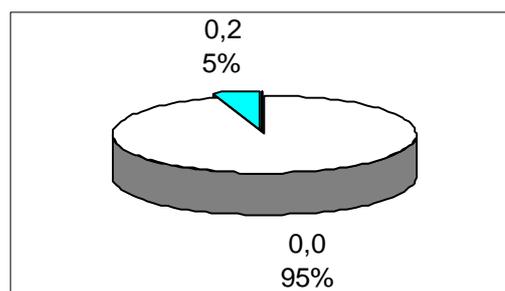


Figure 13 : Proportion d'hydromorphie

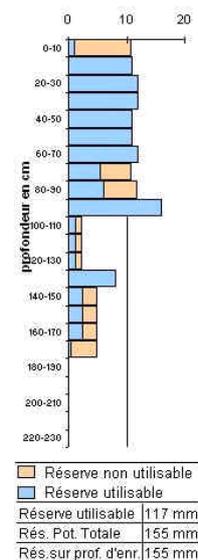
## 8. LE COMPORTEMENT HYDRIQUE DES SOLS DU SECTEUR

### 8.1 LES PRINCIPAUX PROFILS HYDRIQUES DES SOLS DU SECTEUR

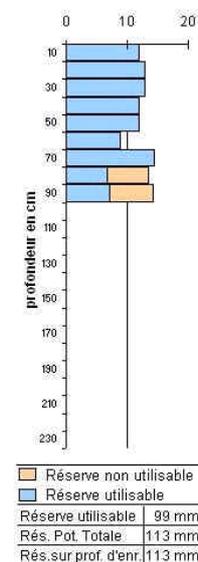
L'annexe 3 présente les principaux profils hydriques du secteur côte à côte. Cette planche comparative permet ainsi de voir la variation des réserves hydriques selon les sols.

La répartition des sols en fonction de leur réserve utilisable en eau et de leur profondeur d'enracinement met en évidence quatre grands groupes :

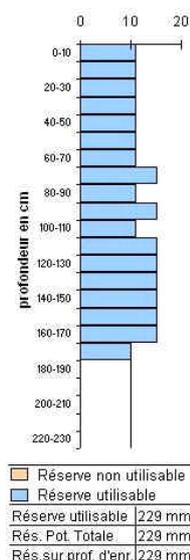
Groupe 1 : ensemble des sols sablo-gréseux sur rocher de « chien », réserve utilisable faible à moyenne répartie sur plus de 120 cm de sol. Les 50 premiers cm présentent une réserve décimétrique moyenne, puis les niveaux sablo-gréseux poreux plus en profondeur stockent un peu d'eau, moyennement retenue (porosité de roche et non de sol). Quelques lits marneux plus gras peuvent améliorer la rétention de bandes de roche, les bancs trop durs la diminuent.



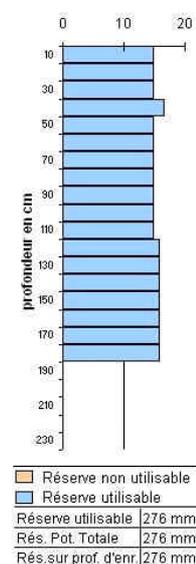
Groupe 2 : sol à réserve faible à moyenne, répartie sur moins d'un mètre de profondeur. L'eau est moyennement retenue, la réserve décimétrique est forte et régulière sur les 70 premiers cm. Ces sols assurent une bonne disponibilité de l'eau au printemps, mais ne possèdent pas de réserve en profondeur.



Groupe 3 : sols légers à réserve moyenne à forte, répartie régulièrement sur 150 cm. L'eau est moyennement à peu retenue sur tout le profil. Ces sols, profonds, assurent une bonne disponibilité en eau sans contrainte marquée.



Groupe 4 : ensemble des sols très profonds, de texture moyenne ou lourde mais bien structuré, sans cailloux, à très fortes réserve en eau. L'eau est moyennement retenue, la réserve décimétrique est forte et répartie régulièrement sur 2 m de profondeur. Ces sols assurent une alimentation en eau permanente sur tout le cycle végétatif.



Ces grands groupes de sols aux caractéristiques hydriques proches (au moins d'un point de vue quantitatif) sont représentés à la figure 14. Ces regroupements doivent être nuancés par :

- la texture de la terre fine qui influe sur les forces de rétention de l'eau dans le sol (en période de niveaux bas des réserves hydriques - 10 à 20 % de remplissage);
- les types d'hydromorphie, qui trahissent toujours une ambiance plus humide en profondeur ainsi que de possibles compléments d'alimentation en eau (par écoulements latéraux ou par capillarité). Les conséquences plus ou moins néfastes des excès d'eau sur l'état des racines et l'asphyxie du sol dépendent des millésimes qui pilotent la durée de l'engorgement et de leur succession dont dépend le développement ou le dépérissement de l'architecture racinaire;
- la contribution, très difficile à estimer, de bancs rocheux en plaques très inclinées, poreux gypseux ou argileux;
- la contribution d'horizons encore plus profonds que ceux pris en compte, les ruissellements latéraux profonds (sur roche non fissurée, marne ou moraine de fond), les condensations "occultes" autour des cailloux, etc.

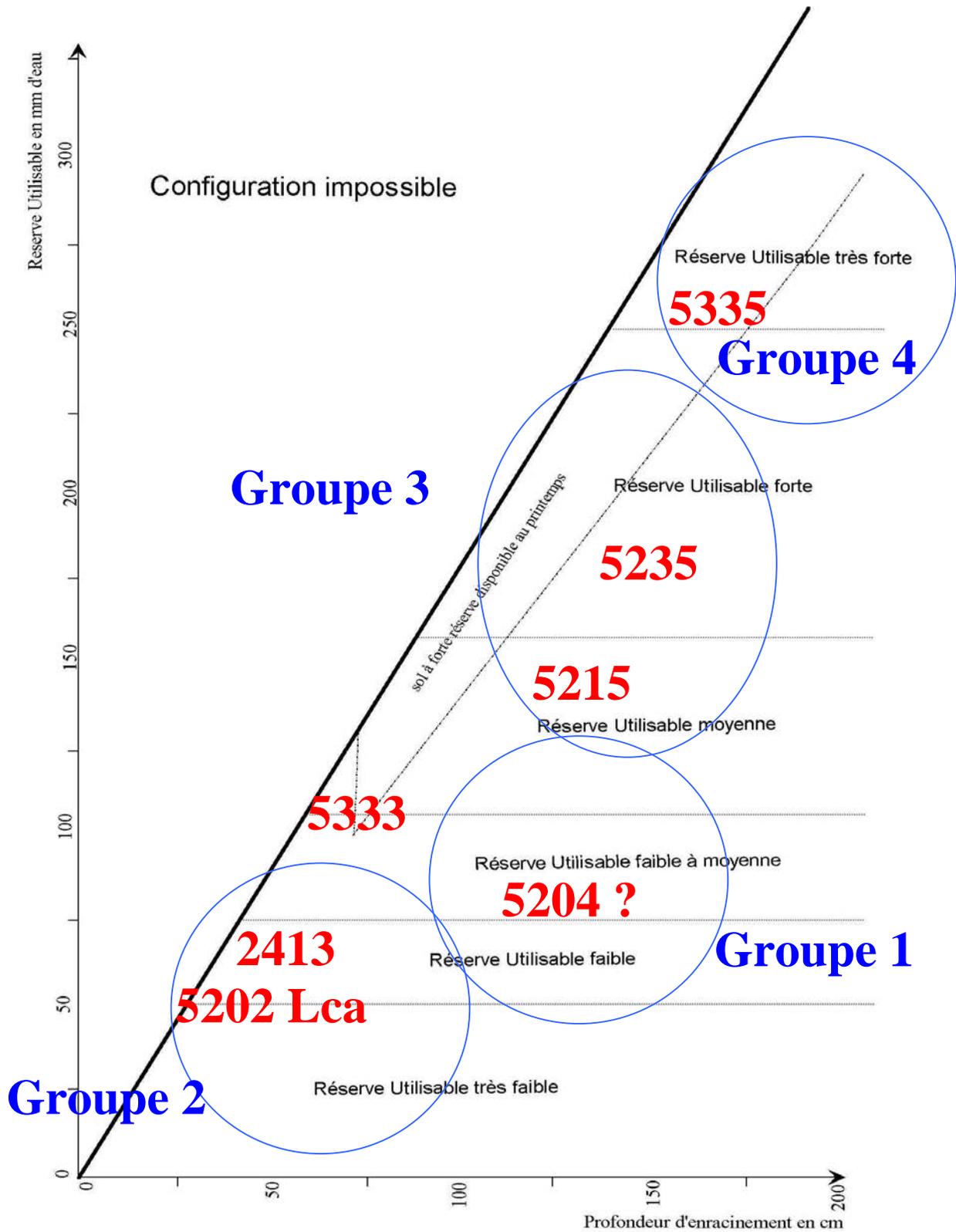


Figure 14 : Répartition des sols en fonction de leur réserve utilisable et de leur profondeur d'enracinement

## 8.2 LA RESERVE HYDRIQUE DES SOLS DU SECTEUR

La variabilité des réserves hydriques des sols viticoles peut s'échelonner entre 40 et 300 mm. Pour prendre en compte cette variabilité, il est préférable de choisir une méthode qui permette de réaliser rapidement un nombre élevé d'observations. Souvent profonds, caillouteux ou rocheux, ces sols se prêtent mal à des caractérisations précises, qui ne sont évidemment pas exclues.

Un outil de calcul et de représentation rapide a donc été mis au point. Utilisée depuis 1999 dans le cadre des études de terroirs, cette méthode permet une bonne représentation de la notion de réserve hydrique, fondamentale dans la compréhension des terroirs viticoles. Accompagnée d'un schéma de description, cette représentation permet de mémoriser facilement les grandes caractéristiques des sols et leur interprétation (fig. 15). Cet outil permet par ailleurs de visualiser rapidement la répartition et la quantité d'eau utile dans le sol.

### Calcul de la réserve utile

$$RU \text{ (en mm d'eau)} = PU * Te * (1 - Cx)$$

PU : profondeur utilisée

Te : coefficient textural (sable grossier:0.5 à silt argileux sain: 2)

(1 - Cx) : pondération du taux de graviers / cailloux

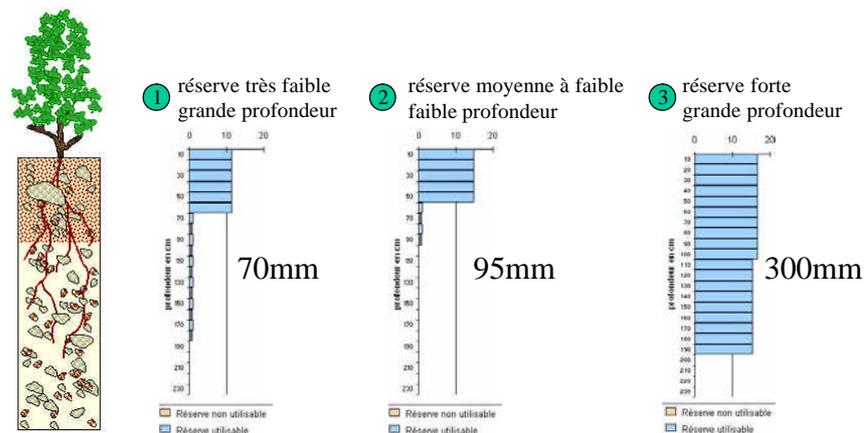


Figure 15 : Calcul de la réserve utile

Le préalable est bien évidemment l'ouverture d'un profil pédologique "en situation", étape essentielle en matière d'explication et de raisonnement, qui ne peut être remplacée par aucune mesure indirecte.

### Principes de calcul

Le calcul se fait par tranche fixe de 10 cm pour s'affranchir de la notion d'horizons d'épaisseurs variables et permettre d'intégrer des variations rapides de texture, pierrosité, etc. Pour chaque tranche de sol, les paramètres suivants sont nécessaires : la texture, le pourcentage de cailloux et graviers, les comptages racinaires et enfin un coefficient de colonisation racinaire. Ce coefficient racinaire n'est valable que pour des vignes assez âgées de façon à ce qu'elles soient bien en place. Le calcul automatique des réserves et la représentation instantanée des graphes racinaires et hydriques peuvent se faire rapidement par une application informatique simple (voir les fiches de profils à l'annexe 1).

Les coefficients racinaires utilisés sont les suivants :

- 1 = bonne répartition, densité correcte
- 0,5 = faible densité ou racines mal réparties (grosses zones sans racines)
- 0,1 = juste quelques chevelus ou fines racines, parfois en mauvais état
- 0 = aucune racine vue.

La méthodologie détaillée du calcul de la réserve hydrique figure à l'annexe 5.

### *Réserve utile modale estimée des sols du secteur*

La mise en valeur des réserves hydriques des sols, calculée selon la méthode décrite ci-dessus, a permis d'établir la carte représentant la réserve hydrique utile pour chacun des secteurs : voir **figure 17**.

Cette carte a été établie sur la base des données présentes pour chaque unité de sol du secteur, en les traitant de façon modale, c'est-à-dire en prenant la valeur la plus fréquente et non la valeur moyenne. Les réserves utiles ainsi représentées ne tiennent compte ni des variantes de sol, ni de l'hydromorphie; elles donnent cependant une bonne valeur indicative du potentiel de réserve en eau des sols, utile pour la vigne.

La figure 16 ci-dessous présente la répartition des réserves hydriques en pourcentage de la surface du secteur.

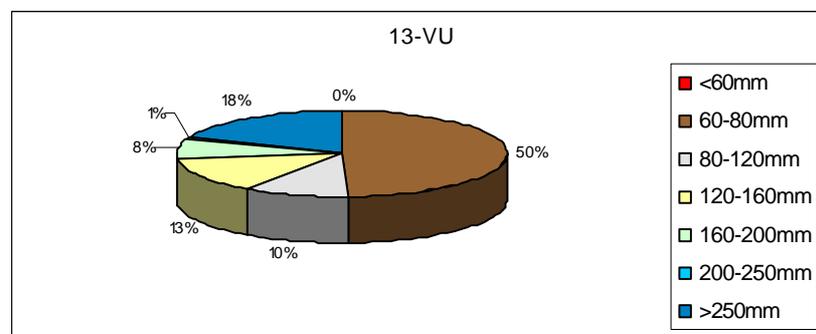
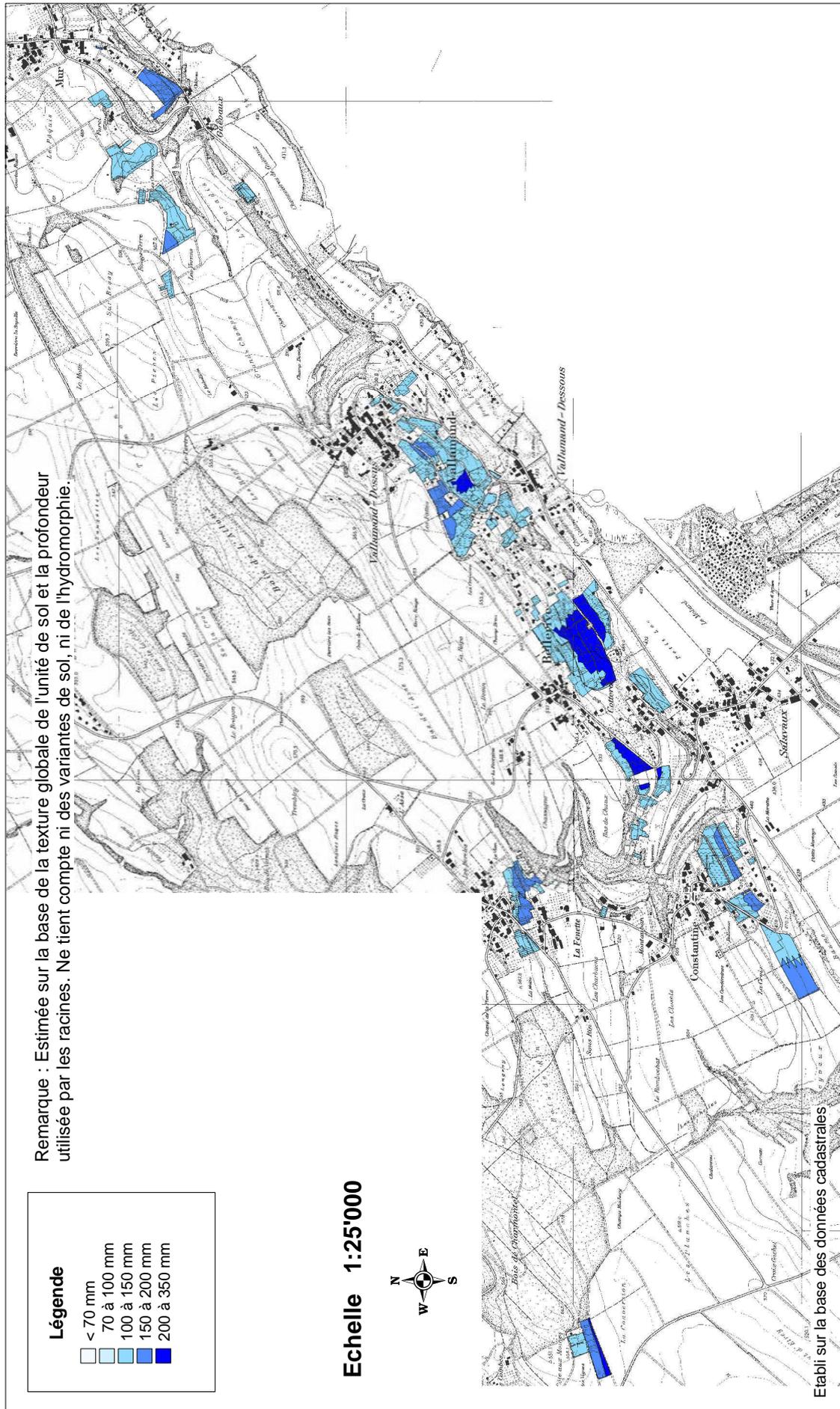


Figure 16 : Répartition des réserves hydriques en % de la surface du secteur

Figure 17 : Carte des réserves hydriques des sols du secteur



## 9. CONCLUSIONS

Le sol est un élément important du terroir, mais d'autres paramètres peuvent influencer le comportement de la vigne. Rappelons pour mémoire les grandes différences de pentes et d'orientations, les effets d'ombrages, d'abri ou au contraire d'ouverture aux vents dominants ou aux écoulements d'air gravitaires plus locaux en provenance des reliefs.

On peut cependant dégager des particularités purement pédologiques dans la nature et la répartition des sols rencontrés dans le secteur du Vully. On se remémorera les nuances des différents profils en consultant la planche de schémas de l'annexe 3.

Les sols de l'appellation Vully sont très majoritairement directement issus de la molasse d'eau douce (99 % des surfaces en vigne). C'est donc une très forte typicité géologique qui se décline en trois types de sols dominants :

- 45 % des sols proviennent du travail du rocher de «chien» (5204), avec des variantes R ou Z provenant du remaniement parcellaire (R) ou de la création de larges banquettes anti-érosion (Z). Les racines plongent dans la roche altérée mais non transformée par l'incorporation de matières organiques (caractère très "minéral");
- en contrebas des sols précédents ou dans les pentes concaves, le sable calcaire s'épaissit au-delà de 1.20 m dans l'unité 5215 qui représente 11 % des surfaces;
- un stade supérieur d'évolution, par perte du calcaire, est atteint dans les 5235, sables bruns ou roux non calcaires, sans formation d'un horizon lourd (10 % des cas) et localement dans les 5255, probablement légèrement acides en surface (18 % des surfaces).

13 % des sols sont profonds, sensiblement plus lourds (surtout en profondeur) et non calcaires (unité 5335).

Les coteaux de l'appellation Vully sont répartis sur des pentes souvent fortes et sont peu soumis aux excès d'eau (95 % des surfaces sont des sols sains).

## 10. GLOSSAIRE ET BIBLIOGRAPHIE

### 10.1 GLOSSAIRE DES NOMS DE SOLS

Les grands ensembles de référence sont toujours notés en majuscules

ARENOSOL	: sol contenant moins de 12.5 % d'argile et plus de 65 % de sables sur toute sa profondeur. Horizon brun de plus de 10 cm, pas d'horizon fortement différencié.
BRUNISOL	: sol peu acide ou acide présentant un horizon de profondeur, brun très bien structuré et très poreux.
CALCOSOL	: nouvelle dénomination du « sol brun calcaire » contenant plus de 5 % de calcaire total, faisant plus de 40 cm d'épaisseur au-dessus de la roche mère, avec un horizon «S» (= structural) moyen différent (couleur, texture, teneur en calcaire) de la roche mère calcaire.
CALCISOL	: nouvelle dénomination du « sol brun calcique ou à stock de calcium » qui présente au moins un horizon moyen saturé en calcium mais non ou très peu effervescent à l'acide chlorhydrique (qui ne contient plus de calcaire total).
COLLUVIOSOL	: sol issu de colluvions, matériaux arrachés aux pentes dominantes (nous utilisons un sens restrictif : colluviosol de plaine ou bas de pente).
FERSIALSOL	: sol évolué présentant un horizon FS, rouge assez vif et de structure fine anguleuse (micro-polyédrique) très stable, souvent plus argileux que les autres horizons du profil, (re)carbonaté ou non (témoin de climat de type méditerranéen à saison chaude et sèche de la période moins 5 à 6'000 ans).
FLUVIOSOL	: sol peu évolué, développé sur alluvions fluviales récentes et situé en position basse de vallée actuelle.
LUVISOL	: sol acide présentant une nette différenciation des horizons par lessivage des argiles vers la profondeur.
LITHOSOL	: sol très mince, limité en profondeur par un matériau cohérent, dur et continu (roche non altérée ou horizon durci), situé à moins de 10 cm de la surface.
PEYROSOL	: sol contenant plus de 60 % d'éléments grossiers, cailloux, pierres (sens large : nous incluons les graviers : terre fine < 40 %).
REGOSOL	: sol très mince comportant un horizon non ou très peu évolué, meuble ou peu dur (moraine ou dépôt fluvio-glaciaire), situé à moins de 30-40 cm après mise en culture (10 cm en conditions naturelles).
RENDOSOL	: sol mince calcaire, horizon Aca calcaire d'épaisseur inférieure à 30-40 cm sur roche calcaire non transformée.
RENDISOL	: sol mince calcique, horizon Aci calcique d'épaisseur inférieure à 30-40 cm sur roche calcaire non transformée.

#### Quelques qualificatifs d'horizons ou de sol

Calcaire	: faisant effervescence à HCL à froid, donc calcaire (plus de 5% de calcaire total).
Calcique	: ne fait pas effervescence à HCL à froid, donc moins de 5% de calcaire total, mais saturé par le calcium donc de pH neutre ou basique (attention : ce terme présente des acceptions diverses).
Calcarique	: accumulation de calcaire secondaire (revêtements amas, pseudomycéliums).
Calcarique continu	: accumulation calcaire continue non indurée (pénétrable).
Péto-calcarique	: accumulation calcaire continue et indurée - croûte.
Eluvial	: horizon appauvri en argile et en fer.
Illuvial	: horizon d'accumulation.
Pierrique	: taux de pierre (taille entre 7,5 cm et 20 cm) supérieur à 40 %.

- Cailloutique : taux de cailloux (taille entre 2 cm et 7,5 cm) supérieur à 40 %.
- Rédoxique : plages ou traînées grises et taches rouilles enrichies en fer- mauvais drainage temporaire.
- Réductique : couleur uniformément bleuâtre ou grisâtre- mauvais drainage généralisé, excès d'eau permanent en profondeur.

On comprend que, pour les sols issus de moraines, les passages entre CALCOSOLS cailloutiques - CALCISOLS recarbonatés - PEYROSOLS calcaires - ARENOSOLS calcaires cailloutiques ou RENDOSOLS sont très progressifs.

## 10.2 ABREVIATIONS DES HORIZONS UTILISEES DANS LES FICHES DE DESCRIPTION

Préfixe L : tout horizon mis en culture (Labour ou minage)

Préfixe Z : horizon profondément modifié (présence de briques, remblai, charbons, etc.)

### Horizons de références

A : horizon brun de surface, contenant de la matière organique incorporée à la matière minérale et présentant une structure d'origine biologique.

LAc : horizon A cultivé calcaire.

LAc : horizon A cultivé calcique.

LAg : horizon A cultivé à taches rouilles.

LA/S : horizon cultivé mélangeant deux horizons naturels.

E : horizon éluvial acide et appauvri en argile.

LE : horizon cultivé de surface appauvri en argile.

J, Js : horizon jeune de surface et peu différencié, faiblement organique.

S : (anciennement Bs) horizon structural d'altération pédologique, moins brun que A, présentant une structure pédologique généralisée – présence biologique nettement plus faible qu'en A.

Sca : horizon structural (s) calcaire.

Sci : horizon structural (s) calcique.

(B) : horizon présentant une légère accumulation relative d'argile.

Bt : horizon d'illuviation d'argile, avec revêtements argileux sur certaines surfaces.

Bt-fs : horizon d'illuviation d'argile et de couleur brun rougeâtre.

K : horizon pétrocalcarique de croûte calcaire dure.

G : horizon réductique à engorgement quasi-permanent (ou Gr).

Go : horizon réductique temporairement réoxydé.

C : horizon minéral de fragmentation de la roche mère, accompagnée d'une certaine altération géochimique. On reconnaît la structure de la roche (litage, etc).

Cca : horizon C avec dépôts de CaCO<sub>3</sub>.

M : roche mère meuble, non ou peu caillouteuse.

Mca : roche mère meuble, calcaire (moraine ou marne).

D : roche mère pseudo meuble de matériaux durs fragmentés et transportés - éléments grossiers dominants.

Dx : D avec éléments grossiers mixtes.

Dca : D avec éléments grossiers calcaires.

Dxca : D avec éléments grossiers mixtes, calcaires dominants.

R : roche mère dure massive ou peu fragmentée.

Rca : roche calcaire.

Z : horizon remanié (présence de briques, remblai, charbons, etc.).

### Lettres suffixes pouvant être accolées aux horizons

-fs : coloration rouge à brun rougeâtre et structuration micro-polyédrique.

(g) : traces rédoxiques, S(g), Sca(g) Bt(g), etc.

g : horizon rédoxique bariolé rouille gris, Eg, Sg, Scag, Cg, Mg, etc.

h : qualifie un horizon plus organique et plus sombre que la normale.

H : horizon très noir.

x, X : qualifie un horizon très caillouteux.

k : accumulation calcaire non indurée.

### Profils Complexes

1, 2, 3 : superpositions verticales d'horizons A1, A2...

I, II, III : indiquent la première, seconde et parfois troisième origine des horizons ou roches mères. Ex : LAcx / IDca / IIM indique une superposition d'un peyrosol calcaire de cailloutis (Dca : 1<sup>ère</sup> roche mère) sur une moraine de fond (IIM : 2<sup>ème</sup> roche mère qui a son importance).

**10.3 LEXIQUE**

Acide	: Caractéristique chimique d'un sol dont le pH de l'eau est inférieur à 6,5 (contraire = basique).
Activité biologique	: Traces de vie des animaux qui se trouvent dans un sol.
Agrégat	: Désigne un petit fragment de terre (motte).
Alluvion	: Sédiment récent ou ancien déposé par un cours d'eau ou un lac, de composition variable (pierres, graviers, sables, silts, argiles, calcaires ou non).
Altération	: Transformation progressive physique et chimique d'une roche en résidu (altérite).
Argile	: Particule très fine. Les argiles présentent des propriétés très différentes selon leur nature.
Argillification	: Accumulation relative d'argile dans les horizons profonds d'un sol.
Argilane	: Revêtement argileux sur les faces des éléments de la structure.
Badlands	: (anglais-mauvaises terres) paysage où la faible végétation et le ruissellement important ont contribué à la formation de profondes ravines (pentes de roches meubles : argiles, marnes, gypse) en région sub-désertique ou en région plus humide, par suite de la destruction par l'homme du couvert végétal.
CA	: Calcaire actif.
Calcaire	: Type de roche OU carbonate de calcium OU adjectif de type de sol OU d'Horizon.
Calcaire (Hor)	: Horizon contenant plus de 5% de carbonates (en gros calcaire total); effervescent à froid à HCl.
Calcique (Hor)	: Horizon saturé contenant moins de 5% de carbonates (en gros calcaire total); pas d'effervescence à froid à HCl ou très localement.
CEC	: Capacité d'Echange Cationique : mesure de l'aptitude des sols à retenir les cations (potassium, magnésium, calcium...).
Concrétions	: Accumulations minérales ou métalliques (calcaire, fer...) autour d'un noyau ou sur une surface. Lorsque ces concrétions sont très nombreuses et cimentées, elles prennent l'aspect de mâchefer ou de croûte.
Conglomérat	: Roche dure, formée de graviers et cailloux roulés ou non, cimentés (par du calcaire ou de la silice).
Colluvions	: Accumulation de matériaux au bas des pentes par gravité et ruissellement.
CT	: Calcaire total.
Cuesta	: Terme géographique, désignant une côte bien marquée dans le paysage.
Décarbonatation	: Perte progressive du calcaire total (donc actif) de la terre fine. Contraire : recarbonatation (par les eaux, l'érosion des pentes dominante, l'homme).
Déferriée	: Evolution d'une argile qui perd son fer (milieu acide et/ou très engorgé).
Détritique	: Formation résultant de la désagrégation de roches.
Doline	: Dépression fermée, formée dans le calcaire dur.
Drumlin	: Forme de modelé glaciaire - Colline allongée suivant l'écoulement de la glace.
Effervescence	: Réaction à l'acide. S'il y a effervescence, le sol est calcaire et très basique. Sinon il est modérément basique, neutre ou acide.
Encroûtement calcaire	: Niveau induré lié à des reprécipitations de carbonates de calcium (calcaire).
Eolien	: Dû à l'action du vent (apports éoliens = loess).
Faciès	: Caractéristiques d'une roche.
Faille	: Cassure de terrain avec déplacement des parties séparées.
Ferro-Manganique	: Eléments noirs (fine pellicule ou grain) constitués de fer et de manganèse qui se déposent ensemble quand le sol est sujet à un excès d'eau prolongé (signes parfois fossiles).

Ferrugineux	: Contenant du fer.
Fersiallitique	: Se dit d'un sol à horizon de couleur rouge où les argiles sont liées au fer ferrique et à la structure micro-polyédrique.
Flysch	: (d'un nom suisse : terrain qui glisse) formation sédimentaire épaisse formée en delta sous-marin, de composition variable mais rythmée (graviers/blocs-sables-silts-argiles litées) souvent impliquée dans les nappes de charriage lors de la formation des Alpes.
GEPPA	: Groupe d'étude des problèmes de pédologie appliquée (triangle de texture utilisé).
Glauconie	: Minéral argileux d'origine marine, de couleur verte, riche en fer (grains dans les roches).
Gley	: Horizon de couleur généralisée gris vert indiquant un engorgement permanent.
Grès	: Roche sédimentaire dure et rugueuse formée de grains cimentés (calcaire ou non).
Grèze	: Accumulation de graviers ou de cailloux calcaires.
Gypse	: Sulfate de calcium hydraté: minéral blanc, peu dur, soluble dans l'eau, ne faisant pas effervescence à l'acide, rayable à l'ongle et formé dans des lagunes (trias ou oligocène du Chablais). Aspect de sucre ou de gros cristaux.
Humus	: Fraction du sol provenant de la décomposition et de la polymérisation de la matière organique.
Hydromorphe	: Se dit d'un sol qui présente des signes attribuables à un excès d'eau permanent ou temporaire (hydromorphie).
Illite	: Argile de taille moyenne, proche du mica. C'est la plus répandue. CEC moyenne.
Interfluve	: Région située entre deux cours d'eau.
Kaolinite	: Argile de petite taille, peu gonflante, assez répandue, faible CEC.
Karst	: Paysage typique des régions calcaires - dolines, vallées sèches, gouffres, rivières souterraines - formé par la dissolution du calcaire par les eaux.
Fluvio-glaciaire	: Sédiments transportés par les glaciers puis repris par des cours d'eau.
Lamellaire	: Feuilleté.
Lessivé	: Se dit d'un sol acide dont les argiles migrent vers le bas. L'horizon supérieur devient clair et sableux.
Lœss	: Dépôt sédimentaire meuble et fin, bien trié, d'origine éolienne, calcaire et souvent très poreux.
Limon (silt)	: Particule de taille moyenne. Les limons ont tendance à être battants (déstructurés par la pluie). Synonyme de silt pour nous. La notion agronomique de limon "terre de texture moyenne" n'est jamais utilisée car trop ambiguë et pouvant inclure des textures sablo-argileuses sans aucun "limon" textural.
Lité - litage	: Déposé en lits superposés.
Lithochrome	: Qualifie un horizon dont la couleur est héritée de la roche mère et non due à l'évolution pédologique.
Lithologie	: Nature des roches.
Marne	: Roche sédimentaire non indurée à grains fins, effervescente à l'acide dilué, mélange d'argile et de calcaire, moins compacte que les calcaires, moins plastique que les argiles, de débit, couleur et composition variables.
Matière organique	: Substance provenant de débris végétaux ou animaux.
Mica	: Minéral brillant, se débitant en lamelles.
Minéralisation	: Transformation de la matière organique en minéraux (nitrates) assimilables par la plante.
Molasse	: Formation sédimentaire à faciès variés (sables, marnes, conglomérats, grès) de l'ère tertiaire.

Moraine	: Eléments de toutes tailles, arrachés, éboulés ou déposés sur et sous un glacier, puis transportés ou compactés par lui. Dépôts constitués par ces éléments: moraines latérales, de fond, frontales.
Nappe alluviale	: Nappe d'eau libre plus ou moins profonde en relation avec une rivière.
Nappe perchée	: Nappe d'eau développée au-dessus d'un niveau peu ou pas perméable.
Oxydation (taches)	: Taches de rouille, formées par réaction chimique entre le fer et l'oxygène (contraire : réduction, taches grises).
Pélite	: (du grec pélos boue) toute roche sédimentaire détritique à grain très fins (cohérente ou non), faisant pâte avec l'eau et contenant des argiles et des silts carbonatés ou non en proportion dominante.
Pisolite	: Gravier de la taille d'un pois et recouvert de fer.
pH	: Mesure indiquant le degré d'acidité du sol – pH = potentiel d'Hydrogène.
Polyédrique	: Structure fragmentaire caractérisée par des agrégats à faces nombreuses et planes, à arêtes anguleuses.
Piémont	: Pente douce en bas d'un relief montagneux ou d'un massif.
Pierrosité	: Quantité d'éléments grossiers mélangés à la terre fine.
Pores	: Espace vide du sol (porosité = ensemble des vides).
Prisme (prismatique)	: Petite motte de terre de forme rectangulaire, allongement plutôt vertical.
Pseudogley	: Taches de rouille, nombreuses, indiquant un engorgement périodique.
Pseudomycélium	: Précipitation diffuse du calcium en forme de filaments de couleur blanchâtre (= vermiculure, persillage).
Quartz	: Minéral siliceux, dur, translucide, incolore ou rosé.
Recarbonaté	: Rechargé en calcaire. Se dit par ex. d'un sol à horizon calcique recouvert d'un horizon calcaire à la suite d'apports récents naturels ou non. Contraire : décarbonaté.
Revêtement	: Pellicule d'argile ou de fer qui recouvre l'extérieur d'une petite motte de terre (polyèdre ou prisme) ou d'un cailloux.
Roche mère	: Matériau à partir duquel le sol se forme.
RU réserve utile	: Quantité d'eau qu'un sol peut potentiellement mettre à la disposition de la plante.
Rubéfaction	: Type d'évolution du sol sous climat chaud qui le rend rouge par déshydratation des oxydes de fer (hématite).
Sable	: Particule de grosse taille mais inférieure à 2 mm. Il est utile de distinguer les sables fins (<0.2 mm) et les sables grossiers pour les calculs de réserve hydrique.
Schiste	: Sens large : toute roche qui se débite en feuillets. Sens strict : roche métamorphique ayant acquis un débit en feuillet sous l'effet de contraintes tectoniques (pression). Les micas sont souvent orientés, les surfaces des feuillets satinées ou soyeuses.
Silt	: voir limon.
Structure	: Mode d'assemblage d'un sol - un sol bien structuré est composé de mottes de terre de forme irrégulière et fragmentées et n'a pas un aspect massif.
Substrat	: Formation située en dessous du sol.
Talweg	: Ligne de fond d'un vallon ou d'une vallée, suivie par le cours d'eau quand il en existe un.
Texture	: Composition d'un sol selon les proportions de sable, limon et argile. Exemple: argilo-sableux, limono-argileux, sablo-limoneux, etc en référence à un triangle de texture donné (GEPPA est le plus proche des perceptions de terrain).
Tectonique	: Terme désignant un ensemble de déformations (cassures, plissements, etc.) affectant les terrains géologiques.
Topographie	: C'est le relief. La forme du terrain est représentée sur une carte par des lignes de même altitude (courbe de niveau). Une situation topographique est un type de relief bien reconnaissable; exemple : cuvette, butte, versant, vallée, etc.
Toposéquence	: Chaîne de sols logiquement liée au relief.

- Vallum morainique : Forme de modelé glaciaire – colline en croissant concave vers l’amont qui marque la limite maximale d’avancée d’un glacier (moraine frontale).
- Varve : Dépôt finement lité d’origine lacustre.
- Vertique : Se dit d’un sol composé d’argiles très gonflantes; dans ces argiles gonflantes, les côtés de chaque motte de terre sont lisses et luisants. Les CEC y sont très élevées.

## 10.4 BIBLIOGRAPHIE

### *Sols - Pédologie*

- SOLTNER D., 2002 - Les bases de la production végétale. Tomes 1 & 2. Editions Sciences et Techniques Agricoles.
- SOLTNER D., 2002 - Les Techniques Culturelles Simplifiées. Editions Sciences et Techniques Agricoles.
- BAIZE D., 1998 - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA Editions.
- BAIZE D., Jabiol B., 1995 - Guide pour la description des sols. INRA Editions.
- OUVRAGE COLLECTIF, 1995 - REFERENTIEL PEDOLOGIQUE. INRA EDITIONS.
- GOBAT J.-M, ARAGNO M., MATTHEY W., 1998 - Le Sol vivant. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- STENGEL P., GELIN S., COORD., 1998 - SOL INTERFACE FRAGILE. INRA EDITIONS.
- DUCHAUFOR PH., 1991 – PEDOLOGIE. Masson.
- CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982 - Les interactions sol – racines. INRA EDITIONS.

### *Géologie*

- SERVICE HYDROLOGIQUE & GEOLOGIQUE FEDERAL, Atlas géologique de la Suisse - cartes 1:25'000.
- CHAROLLAIS J., BADOUX H., 1990 - Guides géologiques régionaux – Suisse lémanique, Pays de Genève et Chablais. Masson.
- FOUCAULT A. & RAOULT J.-F, 1995 - Dictionnaire de géologie. Masson.
- CAMPY M. & MACAIRE J.-J., 1989 - Géologie des formations superficielles. Masson.

### *Viticulture*

- CHAMPAGNOL F., 1985 - PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE. Champagnol, 34980 Saint-Gely-du-Fesc.

### *Histoire de la terre - paysages*

- PACCALET Y., 1991 - La Terre et la Vie. Larousse.
- PIGEAT J.-P., 2000 - PAYSAGES DE LA VIGNE. SOLAR.
- AMBROISE A., FRAPA P., GIORGIS S., 1999 - PAYSAGES DE TERRASSE. Edisud.

**11. ANNEXES****ANNEXE 1 : FICHES DE DESCRIPTION DES PROFILS DE SOLS**

5 profils ont été creusés sur le secteur.

<b>N° de profil</b>	<b>Commune</b>	<b>Lieu-dit</b>	<b>Code cartographique*</b>	<b>Page</b>
CONST.01	Constantine	Champ Golliard	2413 X	61
MONTM.01	Montmagny	Au Vion	5235,1	62
BELLE.01	Bellerive	Les Rintzes	5335	63
VALLA.01	Vallamand	Les Gruppés	5215	64
MUR.01	Mur (VD)	Les Combredoux	5212 SS	65
<b>Profil reconstitué</b>				
VALLA.02	-	-	5204	66

\*Le système de codification est expliqué au chapitre 4.2.

## Description des profils de sol

N° profil: CONST-01

## Localisation

**Commune :** Constantine  
**Lieu-dit :** Champ Golliard  
**Date :** 13.09.2002  
**Observateur :** I. Letessier  
**Position :** milieu de pente  
**Pente :** 15-25%, régulière

## Environnement

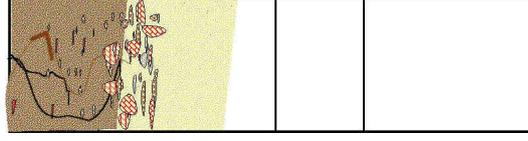
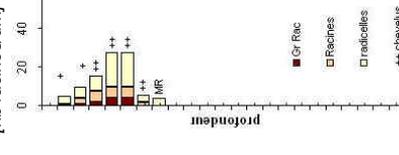
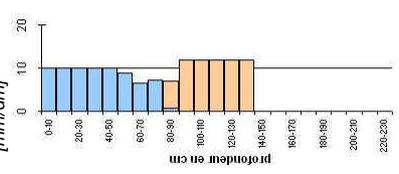
**Roche mère :** moraine de fond compacte  
**Antécédents climatiques :** beau temps  
**Etat de la roche :** molasse à niveau de galets compact ou résidu de moraine compacte et caillouteuse (?)  
**Hydrologie :** sans excès d'eau  
**Erosion et battance :** ni érosion, ni battance  
**Etat de surface :** enherbé à 50%

## Description



Prof [cm]	Horizons
0 - 30	<i>Laca</i> Brun assez sombre, texture légère moyenne, peu calcaire, mottes prismatiques mal formées ou soudées et très dures (passage de roue), mais porosité d'origine biologique correcte, 10% de galets et graviers arrondis
30 - 60	<i>Laca</i> Brun plus clair, texture légère, structure continue dure et compacte, mais avec une bonne porosité dans la masse du sol (activité biologique), racines nombreuses, s'arrêtant à 80cm, débris anguleux de calcaire marneux lité beige/bleu à la base (de 50 à 60cm)
60 - 90	<i>Mca</i> Molasse ou moraine silteuse jaune, très compacte à sec, contenant 40% à 50% de galets (graviers à blocs 30cm de calcaire dur et rares granites), avec dépôts brun rougeâtre autour des galets, très rares fines racines autour des gros galets, mais pas après 80cm
90 - 140	<i>IIMca</i> Silt et sable très fin, jaune, très calcaire, de structure continue, compact sec, sans racines (moraine de fond)

## Schéma

Profil racinaire  
[nb racines/dm]Profil hydrique  
[mm/dm]

Réserve utilisable: 73 mm  
 Réserve potentielle totale: 139 mm  
 Réserve sur la prof. des racines: 79 mm

## Analyses de terre [Sol-Conseil]

Prof [cm]	Argiles [%]	Silts [%]	Sables [%]	MO [%]	pH	CaCO3 tot [%]	Ca act [%]	Fe [ppm]	IPC [F]	Salinité [mg/100g]	CECfm [%]	Ca [%]	K [%]	Mg [%]	Na [%]	H [%]
10 - 30	20.5	30.3	49.2	2.3	7.7	1				28.3	79	4.9	4.1	1	1	11
40 - 55	20.7	30.1	49.2	0.9	8	2				29.5	82	7	4.9	1.1	1.1	5.1

## Synthèse générale

Code cartographique : 2413 x

CALCISOL peu profond de texture légère, sur moraine de reprise silteuse très compacte ou moraine de fond

## Caractéristiques particulières

Niveau de galets compact

## Description des profils de sol

N° profil: MONTM-01

### Localisation

**Commune :** Montmagny  
**Lieu-dit :** Au Vion  
**Date :** 13.09.2002  
**Observateur :** I. Letessier  
**Position :** milieu de pente  
**Pente :** 15-25%, régulière

### Environnement

**Roche mère :** molasse gréseuse  
**Antécédents climatiques :** beau temps  
**Etat de la roche :** colluvions de sols, molasse gréseuse  
**Végétation / Cépage :** prêles  
**Hydrologie :** excès d'eau temporaire  
**Erosion et battance :** ni érosion, ni battance  
 nappe perchée temporaire

### Description

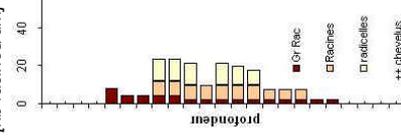


Prof [cm]	Horizons
0 - 50	Brun sombre à chenaux de vers très sombres, texture légère, légèrement calcaire, structure continue très poreuse, activité biologique intense, racines abondantes dans les chenaux <i>LAc</i>
50 - 90	Brun plus clair, un peu plus d'argile (10-15%), racines verticales, serrées à plusieurs dans les chenaux de vers verticaux, activité biologique importante <i>Ac</i>
90 - 110	Identique au précédent, plus humide avec grosses taches rouille localisées
110 - 170	Niveau organique fossile gris sombre, argilo-sableux, faisant un peu obstacle à l'écoulement latéral des eaux du coteau, taché de rouille, racines vues jusqu'à 170 cm, mais pas de chevelus ni de très fines
170 - 180	Sable brun roux, non calcaire, non taché, la nappe est donc perchée <i>IISci</i>

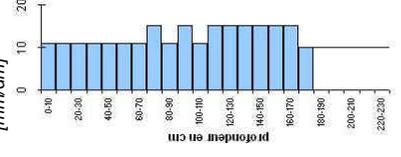
### Schéma



### Profil racinaire [nb racines/dm]



### Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 229 mm  
 Réserve potentielle totale: 229 mm  
 Réserve sur la prof. des racines: 229 mm

### Synthèse générale

Code cartographique : 5235,1

Sol profond léger, non calcaire, humide en profondeur

### Caractéristiques particulières

Fortes activités biologiques, niveau noir organique et un peu plus argileux enfoui de 110 à 170 cm

## Description des profils de sol

N° profil: BELLE-01

## Localisation

**Commune :** Bellerive  
**Lieu-dit :** Les Rintzes  
**Date :** 13.09.2002  
**Observateur :** I. Letessier  
**Position :** milieu de pente  
**Pente :** 15-25%, régulière

## Environnement

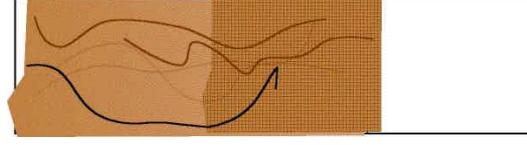
**Roche mère :** molasse marno-gréseuse  
**Antécédents climatiques :** beau temps  
**État de la roche :** colluvions de molasse marno-(gréseuse), pente moyenne entre deux pentes fortes  
**Végétation / Cépage :** enherbé  
**Hydrologie :** sans excès d'eau  
**Erosion et battance :** ni érosion, ni battance

## Description

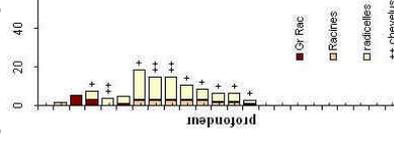


Prof [cm]	Horizons
0 - 30	Brun, texture moyenne lourde (LAS-20-25% d'argile), non calcaire, non caillouteux, structure polyédrique peu nette, assez dure <i>LAc</i>
30 - 90	Brun plus vif, texture moyenne lourde, structure prismatique assez nette mais ajustée (frais), revêtements luisants un peu plus brun et plus argileux sur les faces d'agrégats, bien enraciné verticalement entre les agrégats, grès glauconieux altéré <i>Sci</i>
90 - 100	Bande ondulée effervescente, à fantômes de cailloux calcaires ou poupées <i>Cca</i>
100 - 170	Brun rougeâtre, non calcaire, texture moyenne, un peu plus compact, structure prismatique (5 cm de haut et 3 cm de large) à faces luisantes, ajustée, continue à d'autres, racines se raréfiant progressivement jusqu'à 140 cm, non vues au-delà <i>Sci</i>

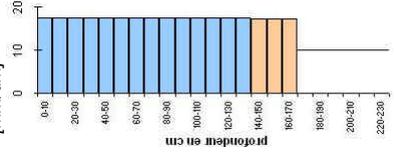
## Schéma



**Profil racinaire**  
[nb racines/dm]



**Profil hydrique**  
[mm/dm]



Réserve utilisable: 245 mm  
 Réserve potentielle totale: 298 mm  
 Réserve sur la prof. des racines: 245 mm

## Analyses de terre [Sol-Conseil]

Prof [cm]	Argiles [%]	Silts [%]	Sables [%]	MO [%]	pH	CaCO3 tot [%]	Ca act [%]	Fe [ppm]	IPC [F]	Salinité [mg/100g]	CECfm [%]	Ca [%]	K [%]	Mg [%]	Na [%]	H [%]
10 - 40	24.2	32.2	43.6	1.5	7.4	0					33.5	72	2.8	7.4	0.8	17
60 - 80	28.1	36.3	35.3	0.4	7.9	0					40.6	77	0.9	5.1	1	16

## Synthèse générale

Code cartographique : 5335

Sol très profond, de texture moyenne, un peu plus lourde de 30 à 90 cm, non calcaire

## Description des profils de sol

N° profil: VALLA-01

### Localisation

Commune : Vallamand

Lieu-dit : Les Groupes

Date : 13.09.2002

Observateur : I. Letessier

Position : milieu de pente

Pente : 15-25%, régulière

### Environnement

Roche mère : molasse sableuse

Etat de la roche : colluvions de sables molassiques, pente moyenne entre deux pentes plus fortes

Hydrologie : sans excès d'eau

Antécédents climatiques : beau temps

Erosion et battance : ni érosion, ni battance

Etat de surface : enherbé

### Description

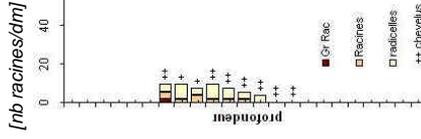


Prof [cm]	Horizons
0 - 30	Brun, texture légère, un peu calcaire, pas de cailloux, assez compact (passage de roue), un peu loin du pied pour compter les racines <i>LAc</i>
30 - 90	Brun progressivement plus clair, texture légère (SAL), peu calcaire, structure polyédrique moyenne peu nette, faces d'agrégats légèrement enduites d'argile, peu compact, bonne porosité, frais, enracinement vertical régulier <i>Sc</i> <i>a</i> - <i>ci</i>
90 - 150	Brun plus clair, reflets plus jaune olive, texture moyenne légère, peu argileuse, calcaire, peu de structure (ajustée mais limites d'agrégats visibles), pas de cailloux, fines racines et chevelus abondants en arête de poisson entre les agrégats <i>Cca</i>

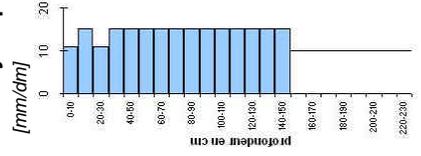
### Schéma



### Profil racinaire [nb racines/dm]



### Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 217 mm

Réserve potentielle totale: 217 mm

Réserve sur la prof. des racines: 217 mm

### Analyses de terre [Sol-Conseil]

Prof [cm]	Argiles [%]	Silts [%]	Sables [%]	MO [%]	pH H <sub>2</sub> O [-]	CaCO <sub>3</sub> tot [%]	Ca act [%]	Fe [ppm]	IPC [F]	Salinité [mg/100g]	CEC <sub>fm</sub> [%]	Ca [%]	K [%]	Mg [%]	Na [%]	H [%]
10-30	17.9	29.6	52.5	2.7	7.7	7				44.1	75	5.1	6.5	0.8	0.8	12
70-90	19.9	29.0	51.1	0.9	8.2	9				39.7	87	2.3	9.7	1.4	1.4	0

### Synthèse générale

Code cartographique : 5215

Sol calcaire, profond, léger, non caillouteux, de pente moyenne

## Description des profils de sol

N° profil: MUR -01

### Localisation

**Commune :** Mur (VD)  
**Lieu-dit :** Les Combredoux  
**Date :** 13.09.2002  
**Observateur :** I. Letessier  
**Position :** haut de pente  
**Pente :** 25-35%, convexe

### Environnement

**Roche mère :** molasse sableuse  
**Etat de la roche :** molasse meuble très sableuse, à bandes de galets ou placage de fluvio-glaciaire sableux de retrait  
**Hydrologie :** sans excès d'eau  
**Erosion et battance :** ni érosion, ni battance  
**Etat de surface :** compost herbeux

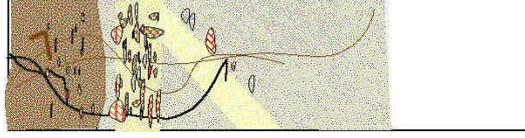
**Antécédents climatiques :** beau temps

### Description

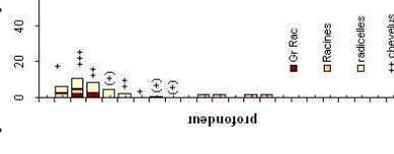


Prof [cm]	Horizons
0 - 40	Brun, texture légère, peu calcaire, rares graviers, débris de brique, compact en surface (semelle), de 2.5 à 40 cm plus clair et fissures emplies de sable jaune, racines dans les plans verticaux, horizontales à la base de l'horizon <i>LAc</i>
40 - 55	Sable moyen jaune, calcaire, sans cailloux, traces d'activité biologique, racines verticales plus rares et fines <i>C</i>
55 - 95	Amas discontinu de graviers et cailloux arrondis à dominante de calcaire dur, très compact, très peu poreux, de type poudingue, dans un sable silteux jaune clair, calcaire, débris de calcaire marneux anguleux, racines très raréfiées (r.ch) plaquées autour des cailloux <i>IIC</i>
95 - 200	Bandes obliques à 45 degrés vers la pente de sable cru non consolidé, de granulométrie variable : sable silteux jaune clair, calcaire/sable moyen plus gris, plus meuble, presque pas calcaire, filon de cailloutis compact oblique, quelques racines lisses verticales jusqu'au fond, mais uniquement dans la partie amont du profil <i>IIIC</i>

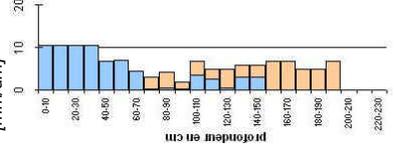
### Schéma



### Profil racinaire [nb racines/dm]



### Profil hydrique [mm/dm]



Réserve utilisable: 73 mm  
 Réserve potentielle totale: 130 mm  
 Réserve sur la prof. des racines: 99 mm

### Analyses de terre [Sol-Conseil]

Prof [cm]	Argiles [%]	Silts [%]	Sables [%]	MO [%]	pH	CaCO3 tot [%]	Ca act [%]	Fe [ppm]	IPC [mg/100g]	CECfm [%]	Ca [%]	K [%]	Mg [%]	Na [%]	H [%]
10 - 30	10.5	23.1	66.4	0.6	8.1	11				26.7	80	5	13.1	2.3	0

### Synthèse générale

Sol calcaire, peu épais, sur poudingue et sable cru

Code cartographique : 5212 SS

### Caractéristiques particulières

Sable cru et meuble, de type alluvial à lentilles de poudingue

## Description des profils de sol

N° profil: VALLA-02

### Localisation

Commune : Vallamand

Roche mère : molasse gréseuse

### Environnement

Etat de la roche : sablo-gréseuse bariolée, passées marno-gréseuse  
"rocher de chien"

Végétation / Cépage : Chasselas / 3309

Date : 12.11.2002

Hydrologie : sans excès d'eau

Erosion et battance : érosion en ravines

Observateur : I. Letessier

Position : milieu de pente

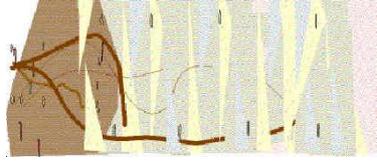
Etat de surface : non travaillé

Pente : 25-35%, convexe

### Description

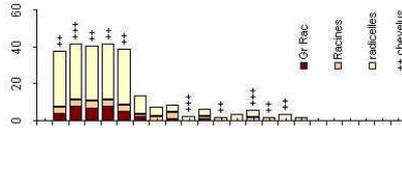
Prof [cm]	Horizons
0 - 30	<i>LAc</i> Brun, texture légère, peu calcaire, bonne porosité, structure polyédrique peu nette, à sous structure grumeleuse fine (semelle peu nette de 30 à 40cm)
30 - 80	<i>Cca</i> Jaune, un peu mélangé à de la terre brune de surface, texture légère, poches plus silteuses fines, très calcaires, amas blancs de calcaire (5-10%) débris de grès très altéré, poreux, racines entre ces débris, chevelus plaqués sur les faces
80 - 130	<i>R</i> Rocher jaune, bariolé, peu dur, débit en plaques irrégulières plutôt obliques, poches plus marnieuses rougeâtres, racines rares plaquées sur les plaques

### Schéma



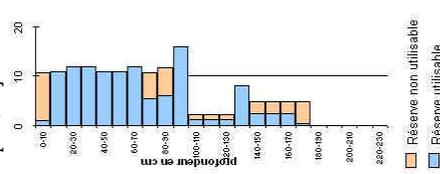
### Profil racinaire

[nb racines/dm]



### Profil hydrique

[mm/dm]



### Synthèse générale

Code cartographique : 5204

CALCOSOL léger très mince sur rocher de chien peu dur, très altéré jusqu'à 80 cm, avec amas calcaires de 50 à 70 cm, racines jusqu'à 130 cm

### Caractéristiques particulières

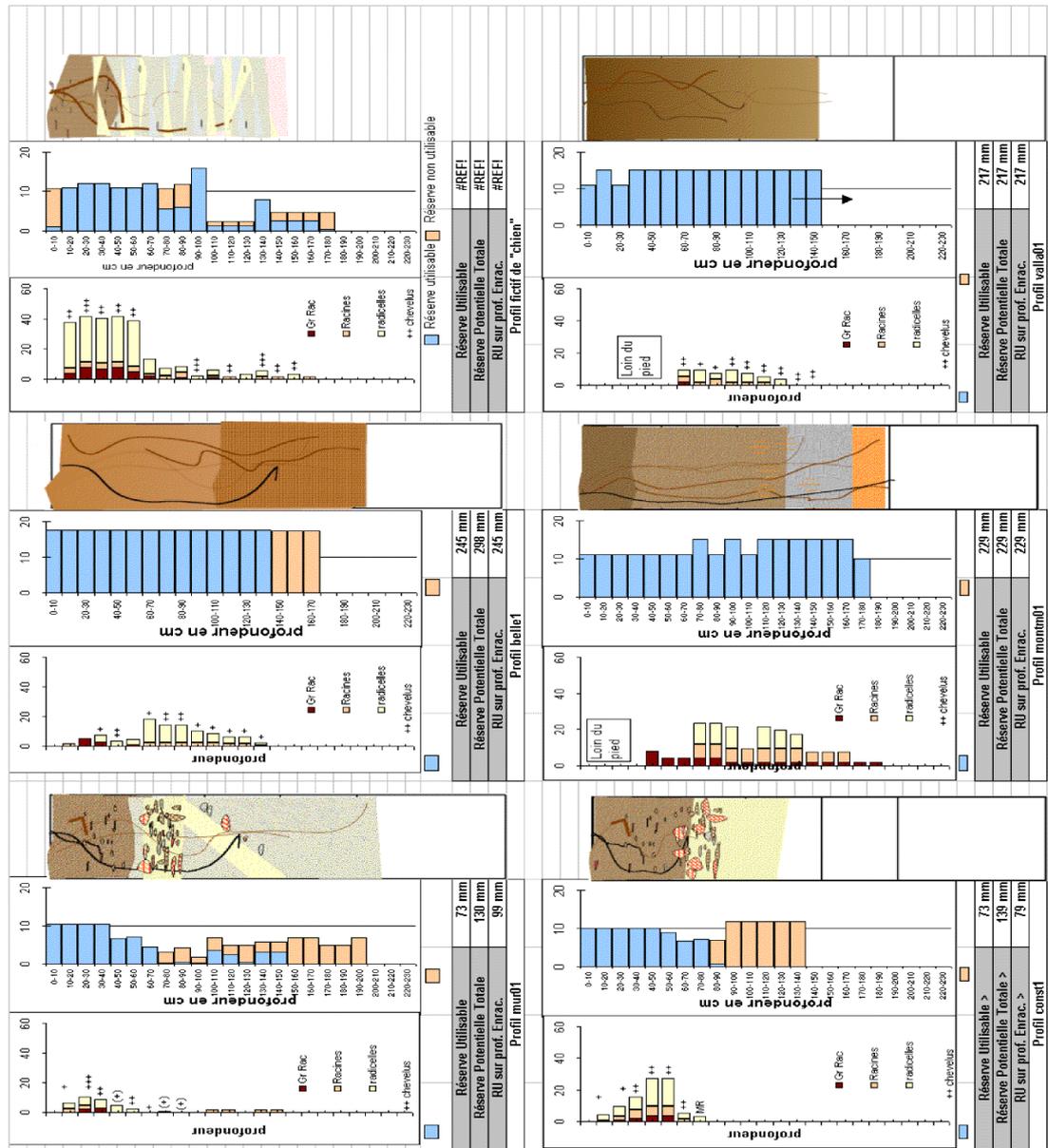
Profil reconstitué (sondages et talus frais)

## ANNEXE 2 : ANALYSES DE TERRE SOL-CONSEIL

ANNEXE 2 - SECTEUR DU VULLY VAUDOIS  
ANALYSES DE TERRE Sol-Conseil

CODE SOL	PROFIL	Profondeur de prélèvement	cailloux et graviers en poids	argile	limons totaux	sables totaux	Texture GEPPA	Matière organique	pH	Calcaire Total	CEC en meq/100g	CECFM en meq/100g argile	K/Mg	K+	Mg++	CA++	NA+	acidité d'échan geH+	% satur.	Ca++/Mg++
2433	CONST 01	10-30		20.50	30.30	49.20	LAS	2.3	7.7	1	10	28.3	1.20	4.90	4.10	78.90	1.00	11.2	88.8	19.2
2433	CONST 01	40-55		20.70	30.10	49.20	LAS	0.9	8.0	2	8	29.5	1.43	7.00	4.90	82.00	1.10	5.1	94.9	16.7
5135	belle01	10-40		24.20	32.20	43.60	LAS	1.5	7.4	0	11	33.5	0.38	2.80	7.40	72.10	0.80	16.9	83.1	9.7
5135	belle01	60-80		28.10	36.30	35.30	las	0.4	7.9	0	12	40.6	0.18	0.90	5.10	76.50	1.00	16.4	83.6	15.0
5212 S	Mur01	10-30		10.50	23.10	66.40	Sal	0.6	8.1	11	4	26.7	0.38	5.00	13.10	79.60	2.30	0.0	100.0	6.1
5235+	VALLA01	10-30		17.90	29.60	52.50	LSA	2.7	7.7	7	13	44.1	0.78	5.10	6.50	75.30	0.80	12.3	87.7	11.6
5235+	VALLA01	70-90		19.90	29.00	51.10	LSA/LAS	0.9	8.2	9	10	39.7	0.24	2.30	9.70	86.60	1.40	0.0	100.0	8.9
5815 ca	Matho01	100-140	90.00	18.60	70.70	10.70	LA	0.7	8.1	22	14.0	68		1.80	27.50	69.80	0.90	-	100.0	2.5
5815 ca	Matho01	160-200	73.00	29.10	38.80	32.10	LAS	0.3	8.5	7	21.2	71		0.80	33.70	64.70	0.80	-	100.0	
2445 ca x	Agiez01	10-50		23.50	28.90	47.60	LAS	1.1	8.0	3	13.4	48		1.10	3.90	88.10	1.80	5.10	94.9	22.6
2445 ca x	Agiez01	90-110		28.30	25.30	46.40	LAS	0.7	8.0	1	15.7	51		0.80	4.20	85.40	0.70	8.90	91.1	20.3
2445 ca x	Agiez01	140-180		12.00	30.20	57.80	SAL	0.0	8.8	32	14.2	118		0.40	2.10	97.10	0.40	-	100.0	46.2
5815 ca	Orbe02	10-50		25.40	48.70	25.90	LAS	1.3	8.3	15	13.1	41		6.20	15.70	75.90	0.60	1.50	98.5	4.8
5815 ca	Orbe02	60-100		8.60	55.80	35.60	LS	0.4	8.6	26	9.8	105		2.70	13.90	82.40	0.90	-	100.0	5.9

**ANNEXE 3 : REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE ET PROFILS HYDRIQUES DE QUELQUES SOLS**



**ANNEXE 4 : METHODOLOGIE DE CALCUL DE LA RESERVE HYDRIQUE****Calculs et présentation schématique  
de profils hydriques et racinaires****Sigales - Etudes de Sol et de Terroirs****I. Letessier C. Fermond**

La variabilité des réserves hydriques des sols viticoles peut s'échelonner entre 40 et 300 mm. Pour prendre en compte cette variabilité, il est préférable de choisir une méthode qui permette de réaliser rapidement un nombre élevé d'observations. Souvent profonds, caillouteux ou rocheux, ces sols se prêtent mal à des caractérisations précises, qui ne sont évidemment pas exclues.

Un outil de calcul et de représentation rapide a donc été mis au point. Utilisée depuis 1999 dans le cadre des études de terroirs, cette méthode permet une bonne représentation de la notion de réserve hydrique, fondamentale dans la compréhension des terroirs viticoles. Accompagnée d'un schéma de description, cette représentation permet de mémoriser facilement les grandes caractéristiques des sols et leur interprétation (Fig. 1). Cet outil permet par ailleurs de visualiser rapidement la répartition et la quantité d'eau utile dans le sol.

**Calcul de la réserve utile**

$$RU \text{ (en mm d'eau)} = PU * Te * (1 - Cx)$$

PU : profondeur utilisée

Te : coefficient textural (sable grossier:0.5 à silt argileux sain: 2)

(1 - Cx) : pondération du taux de graviers / cailloux

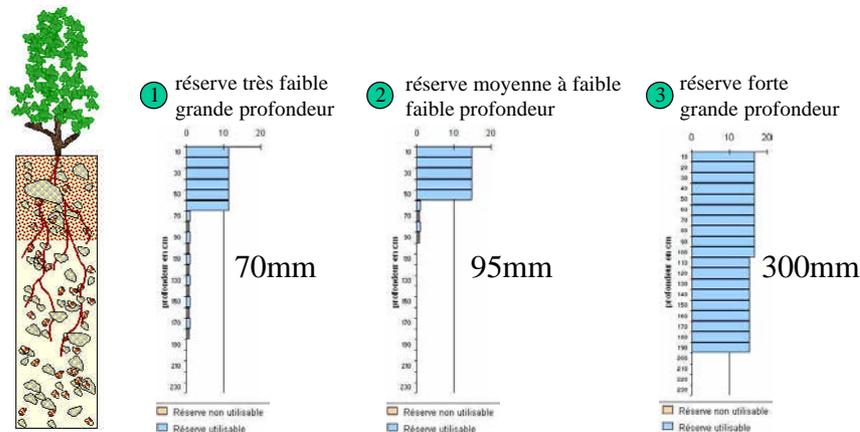


Fig. 1 : Calcul de la réserve utile

Le préalable est bien évidemment l'ouverture d'un profil pédologique "en situation", étape essentielle en matière d'explication et de raisonnement, qui ne peut être remplacée par aucune mesure indirecte.

**Principes de calcul**

Le calcul se fait par tranche fixe de 10 cm pour s'affranchir de la notion d'horizons d'épaisseurs variables et permettre d'intégrer des variations rapides de texture, pierrosité, etc. (Tab. 1).

Paramètres du sol			Paramètres racinaires				Zone de calcul				
Profondeur	Texture	Pierrosité	Gr Rac	Rac/radice	ch	coef Rac	Coef. T	Réserve Utilisab	Réserve non	R totale	cumuls (50cm)
0-10	lsa	25%				1,00	1,6	12,00	-	12,00	12
20-30	lsa	25%				1,00	1,6	12,00	-	12,00	24
20-30	lsa	25%	8			1,00	1,6	12,00	-	12,00	36
30-40	lsa	20%	6			1,00	1,6	12,80	-	12,80	48,8
40-50	lsa	20%		18	8	1,00	1,6	12,80	-	12,80	62
50-60	lsa	15%		18	8	1,00	1,6	13,60	-	13,60	13,60
60-70	las	15%		2	8	1,00	1,75	14,88	-	14,88	28,475
70-80	las	15%			2	1,00	1,75	14,88	-	14,88	43,35
80-90	las	15%			2	1,00	1,75	14,88	-	14,88	58,225
90-100	ls	15%			4	1,00	1,2	10,20	-	10,20	68
100-110	s	15%			6	1,00	1	8,50	-	8,50	8,5
110-120	ls	50%			7	1,00	1,2	6,00	-	6,00	14,5
120-130	s	30%			7	1,00	1	7,00	-	7,00	21,5
130-140	sl	50%			7	1,00	1,1	5,50	-	5,50	27
140-150	sg	70%			4	1,00	0,5	1,50	-	1,50	29
150-160	ls	30%			4	1,00	1,2	8,40	-	8,40	8,4
160-170	l	50%			2	0,50	1,75	4,38	4,38	8,75	12,775
170-180	ls	50%			2	0,50	1,2	3,00	3,00	6,00	15,775
180-190	Sg	40%				0,10	0,5	0,30	2,70	3,00	16,075
190-200	Sg	10%				-	0,5	-	4,50	-	16
200-210						-	0	-	-	-	-
210-220						-	0	-	-	-	-
220-230						-	0	-	-	-	-

Tab. 1 : Exemple de feuille de calcul : entrée des données de texture, de pierrosité et de colonisation racinaire

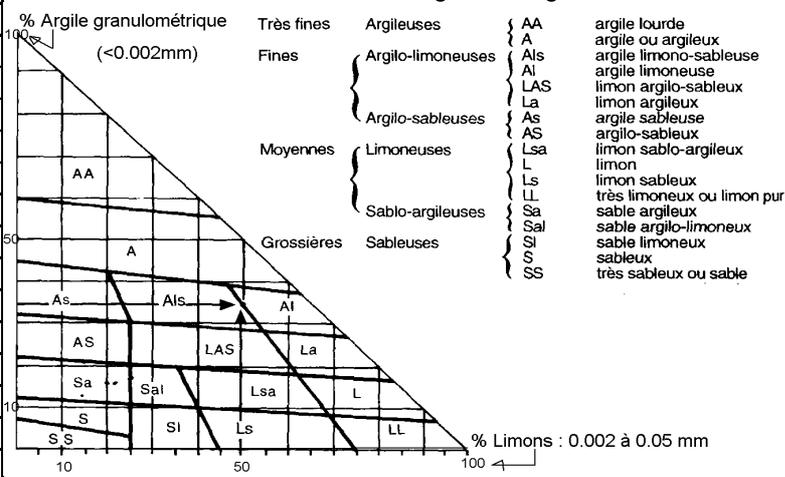
Pour chaque tranche de sol, il faut noter la texture (Tab. 2), puis le pourcentage de cailloux et graviers (Fig. 2 et 3), puis les comptages racinaires et enfin un coefficient de colonisation racinaire (Tab. 3).

TEXTURE (triangle GEPPA)	TE (mm/cm) d'après INRA LAON modifié SIGALES 1998
A	1,7
Ac	1,4
AL	1,8
ALS	1,75
AS	1,5
L	1,75
LA	1,95
LAc	1,5
LAS	1,75
Lc	1,35
LL	1,3
LS	1,2
LSA	1,6
LSc	1,0
LSm	1,3
S	1
SA	1,35
SAL	1,5
Sc	0,80
Sg	0,5
Sg+Sm	0,9
SL	1,1
Sm	1,2
SS	0,7

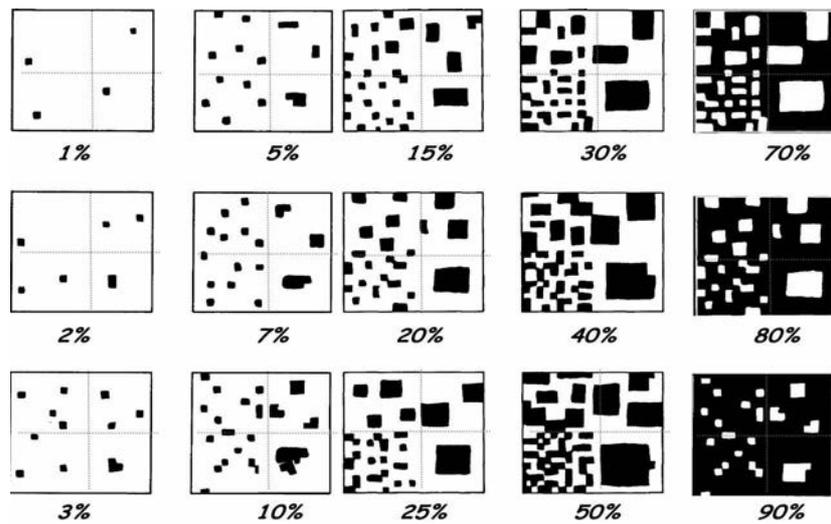
Bien laisser ces textures dans l'ordre alphabétique sinon les macros ne marchent pas

Calculs pour des densités apparentes moyennes de 1,4 (horizons à 80% profonds) sauf les \*c comptés avec une densité moyenne 1,8 (moraines de fond LAc, LSc, ou Sc, argiles géologiques ou marnes très compacte, Ac)

Triangle GEPPA avec quelques adaptations :  
Sm : sables micacés, Sg: sables grossiers



Tab. 2 : Tableau des coefficients texturaux utilisés



Aide visuelle à l'estimation de proportions (taches, éléments grossiers...)  
 Chaque quart de carré contient le pourcentage indiqué de noir -  
 d'après Munsell

Fig. 2 : Estimation de la pierrosité

Si l'on procède par pesée pour les éléments grossiers, il faut transformer le pondéral en volumique, car les cailloux sont plus denses que la terre fine. C'est surtout notable pour les pierrosités moyennes. On peut utiliser l'abaque suivant (écarts maximum de 15% pour des horizons de profondeur assez denses, 20% pour des horizons de surface peu denses).

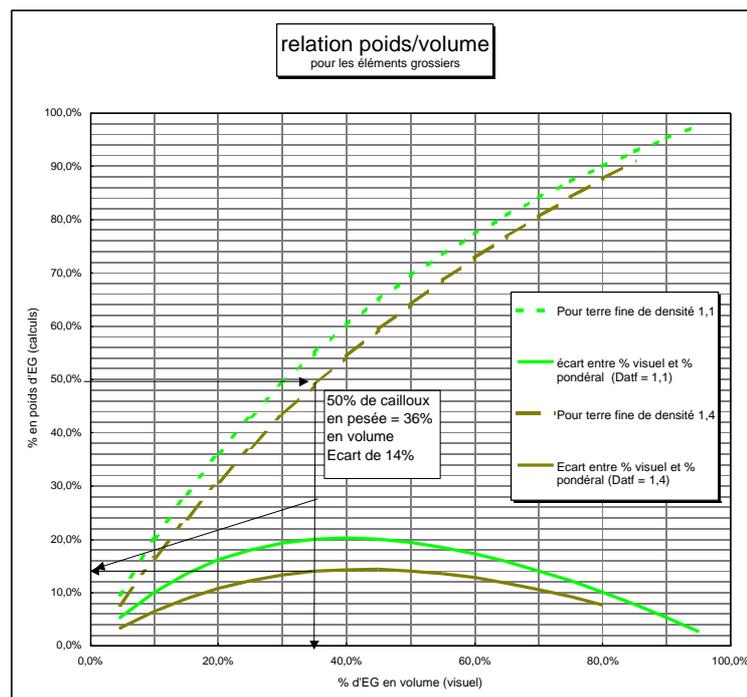


Fig. 3 : Abaque poids-volume pour les éléments grossiers

Tab. 3 - Coefficients de colonisation racinaire

- 1 = bonne répartition, densité correcte
- 0,5 = faible densité ou mal réparties (grosses zones sans racines)
- 0,1 = juste quelques chevelus ou fines racines, parfois en mauvais état
- 0 = aucune racine vue

Ces coefficients sont applicables à des vignes d'un certain âge, avec enracinement bien en place.

Le calcul automatique des réserves et la représentation instantanée des graphes racinaires et hydriques peuvent se faire rapidement par une application informatique simple (Fig. 4).

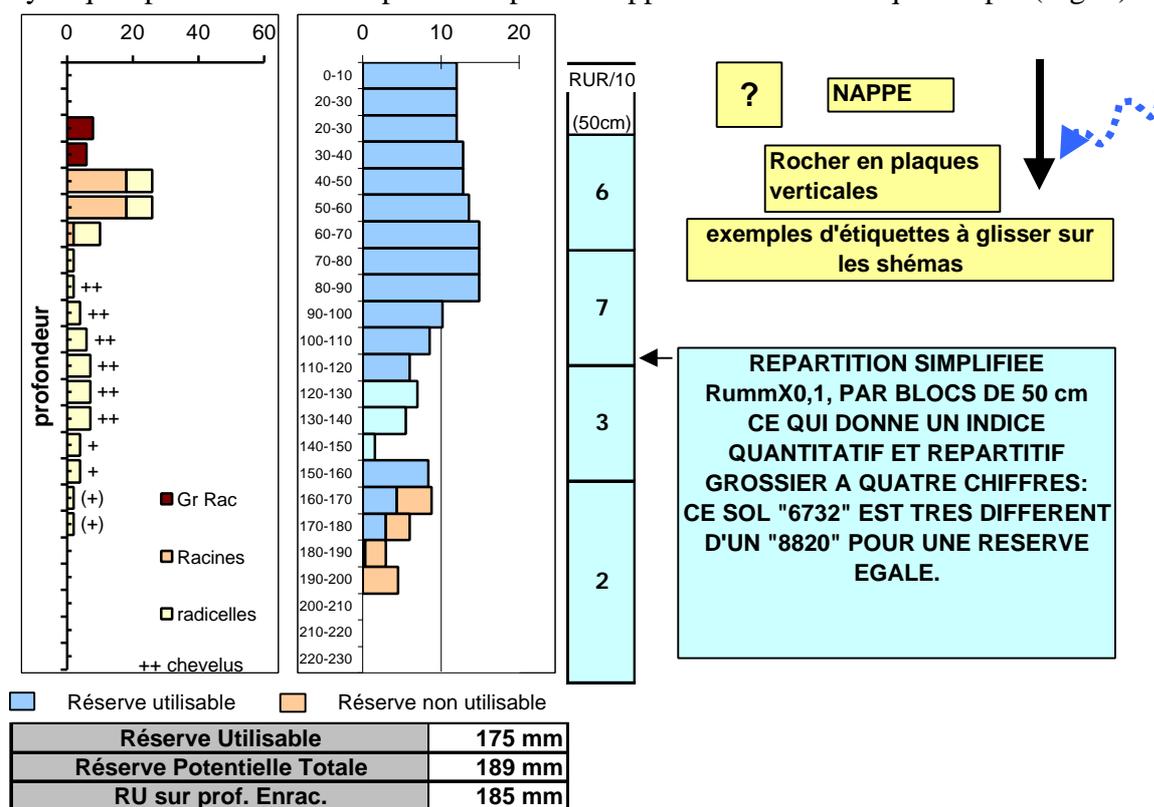


Fig. 4 : Représentation graphique des profils racinaires et hydriques

La zone orangée du profil hydrique correspond à un volume pouvant s'humidifier mais non colonisé par les racines. Un bleu plus clair peut être affecté aux zones très sableuses (moindres déplacements capillaires). Des figurés peuvent être ajoutés sur la figure pour signaler une difficulté (arrivées d'eau, rocher en plaque, etc.) ou une forte probabilité de poursuite au-delà de la tranche observée.

**Commentaire**

Les causes d'erreurs proviennent plus de l'estimation de la profondeur effectivement utilisée et de l'estimation de la pierrosité que de la précision des coefficients texturaux choisis, surtout dans les horizons de fortes pierrosités, fréquents pour les sols viticoles. Par exemple, passer de 70% à 90% de cailloux, c'est passer de 30 à 10% de terre fine et diminuer par 3 la réserve hydrique.

Le choix a été fait de se limiter à l'observation et aux calculs standards, sans introduire de coefficients correctifs plus ou moins validés, bien que l'on puisse en imaginer de nombreux. Cette simplicité voulue n'empêche pas de formuler des commentaires et des hypothèses. Par exemple la pierrosité peut être poreuse, altérée ou encore arrangée selon une architecture serrée qui permet un certain stockage d'eau. Ainsi, le "bulbe" de consommation que l'on peut dessiner autour d'une racine de profondeur est de taille très variable selon la texture et la qualité des enrobages colloïdaux autour des sables et des éléments grossiers. Pour les très fortes pierrosités de profondeur à matrice non sableuse, on observe une sous-estimation systématique de la réserve lors des validations par le comportement de la plante (mesures de potentiel hydrique) ou plus simplement lors de discussion avec les vignerons. Il est probable que les remontées capillaires à partir de la profondeur s'effectuent sur plusieurs décimètres.

**ANNEXE 5 : CARTE DES SOLS GRAND FORMAT**

La carte des sols grand format, à l'échelle 1:7071, est indissociable du présent rapport. Elle est éditée séparément.