

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 16 (1976-1980)
Heft: 3

Artikel: Les sols du plateau vaudois
Autor: Gratier, Michel / Bardet, Luc / [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-259267>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les sols du plateau vaudois

PAR

MICHEL GRATIER,
avec la collaboration de LUC BARDET
Service cantonal de l'Aménagement du Territoire

Abstract. – The “Plateau vaudois” is situated between the Alps and Jura, at the southern part of the Swiss molassic Plateau. It is a hilly region (altitudes between 400-900 m); its climate is wet-temperate with a slight continental tendency. It bears a morainic cover of mixed alpine and local origin, the thickness of which is often reduced.

The parent materials contain an average of 25% calcium carbonate. All the soils were formed during the holocene. The less evolved soils are humic pararendzinas.

In the western part, which is dryer, calcaric cambisols are more frequent; vertic cambisols can be found on molassic marl, mollisols in the low alluvial plains and chromic luvisols appear on porous fluvioflacial gravels at the foot of Jura. Eastern, as the altitude grows, gleyic-cambi-luvisols are more frequent; dystric cambisols can be found on molassic sandstone and stagnogley on morainic sandy-clay.

Several soil profiles are presented together with their analytic characteristics.

In the 3rd part, chemical and physical properties of the main soil-types are examined as well as their potential use; a value-scale is proposed.

Zusammenfassung. – Das waadtländische Mittelland entspricht dem südlichen Teil des schweizerischen Molassen-Mittellandes. Die entsprechenden Erhebungen haben eine Höhe von 400 bis 900 m. ü. M. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr beträgt zwischen 1000 und 1500 mm. Die Moränendecke besteht aus einem Gemisch aus rhodanischen und lokalen zermalmtten Molassengestein, deren Dicke meistens gering ist.

Die ursprünglichen Muttergesteine sind ungefähr zu 25% kalzium-karbonathaltig. Alle Böden entstanden während des Holozän-Zeitalters. Die wenig entwickelten Böden nennt man mullreiche Pararendzinen. Im westlichen Teil, welcher weniger feucht ist, sind die basenreichen Braunerden mehr verbreitet; die Vertisol-Braunerden befinden sich auf dem Molassen Mergelgestein, mullreiche Braunerden-Auenböden in der alluvialen Tiefebene, rötliche Parabraunerden auf dem fluvioglazialen Schotter des Juraufusses. Im östlichen Teil nehmen

die Pseudogley-Parabraunerden gleichzeitig mit Zunehmen der Höhe ü. M. zu; die sauren Braunerden findet man auf dem Molassen Sandgestein, dem Stagnogley auf den sandigtonhaltigen Moränen. Verschiedene Bodenprofile werden mit analytischen Angaben dargestellt. Im 3. Teil werden die chemischen und physikalischen Eigenschaften der wichtigsten Bodentypen untersucht und deren Potential ermittelt.

Remerciements. – Nous exprimons tout particulièrement notre reconnaissance à Messieurs ISAAC DEGAILLER et RENÉ GOUFFON du Laboratoire de l'école d'agriculture de Grange Verney. Ils ont accepté de se charger d'un nombre considérable d'analyses de routine sans lesquelles ce travail n'aurait pas eu une base suffisante.

à J. NEYROUD, de la Station fédérale de recherche agronomique de Changins, qui a mis à notre disposition les analyses de son enquête sur les parcelles cultivées et qui a effectué les mesures physiques sur nos sols,

à notre collègue J.-D. GALLAND, ingénieur-agronome, qui nous a aidés sur le terrain et à P. KISSLING, botaniste, qui nous ont fait bénéficier de leurs connaissances de la végétation.

Le décès accidentel de notre ami Michel POCHON, professeur de pédologie à l'EPFL, nous a profondément affectés. Il avait effectué pour nous les analyses complexes d'argile et de dosage des cations. En souvenir de sa collaboration enthousiaste nous lui dédions ce mémoire.

Ce mémoire est publié avec l'aide du Département des Travaux Publics du canton de Vaud, que nous tenons également à remercier.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Pages</i>
Introduction	93
PREMIÈRE PARTIE:	
Facteurs de différenciation des sols	94
I.- Le climat	94
II.- Les roches-mères	95
A - Histoire géologique du Plateau	95
B - Caractéristiques des dépôts	96
1. calcaires crétacés du pied du Jura, 96	
2. molasses oligocènes, 97	
3. dépôts glaciaires, 100	
4. limons de remaniement, 100	
5. alluvions et colluvions, 102	
III.- La géomorphologie	104
A - Géomorphologie et séquences des sols	104
B - Roches-mères et sols	105
1. moraines sur calcaire, 105	
2. moraines sur molasse, 105	
3. moraines de faciès superposés, 106	
4. dépôts remaniés et colluvions, 106	
IV.- L'âge des sols	107
DEUXIÈME PARTIE:	
Description, évolution et localisation des types de sols	108
I.- Processus d'évolution des sols et classification	108
A - Humidification	109
B - Structuration	109
C - Décarbonatation	110
D - Brunification	113
E - Acidification	113
F - Bilan granulométrique et lessivage	114
G - Hydromorphie	115
H - Effets combinés de la topographie et du bilan climatique	115
1. drainage topographique, 116	
2. drainage climatique, 116	
II.- Description des principaux types de sols	117
A - Sols presque bruts, à profil (A), R ou (A) C	117
B - Sols faiblement évolués, sans horizon B	118
1. sols riches en humus, à profil O-R ou O-C, 118	
2. sols rendocalcaires et rendocalciques à profil A-C ou A-R, 118	
3. sols alluviaux et colluviaux, 122	
C - Sols à début d'évolution par approfondissement, à horizon (B) de structure	123
1. sols bruns calcaires sur calcaire marneux, 123	
2. sols bruns calcaires et calciques vertiques sur marnes molassiques, 123	
3. sols bruns calcaires et calciques sur dépôts morainiques, 125	
4. sols bruns calcaires alluviaux-colluviaux, 127	
D - Sols à début de brunification, à horizon (B) d'altération peu développé	128
1. sols calciques brunifiés et bruns humifères sur calcaire crétacé, 128	
2. sols rouges peu épais sur calcaire crétacé, 129	
3. sols bruns calciques humifères sur matériaux mixtes au pied du Jura, 130	
4. sols rendziniformes brunifiés et sols bruns recalcifiés, 130	
E - Sols bruns, à horizon (B) d'altération bien développé	131
1. sols bruns et bruns à pseudogley sur moraine, 131	
2. sols bruns acides sur molasse gréseuse et mélange moraino-molassique, 133	
3. sols bruns colluviaux profondément humifères, 136	

F - Sols lessivés à horizon B _t enrichi en argile	136
1. sols bruns lessivés sur moraine, mélange moraino-molassique et moraine remaniée, 137	
2. sols lessivés sur substratum calcaire au pied du Jura, 141	
3. sols lessivés rubéfiés sur moraine graveleuse ou fluvioglaciaire, 142	
4. sols lessivés calciques sur molasse rouge, 144	
5. nature du lessivage, 144	
G - Sols hydromorphes	144
1. sols hydromorphes carbonatés ou saturés, 145	
2. sols hydromorphes décarbonatés, 149	
3. sols hydromorphes acides, 151	
III.- Distribution des sols	152
A - Sols et climat	152
B - Représentation cartographique	153
C - Présentation de séquences de sols	154

TROISIÈME PARTIE:

Paramètres physico-chimiques des principaux types de sol en relation avec leur potentiel de production	158
---	------------

I.- Paramètres chimiques de la fertilité	158
A - La capacité d'échange	158
1. Répartition des minéraux argileux dans les principaux types de sol, 158	
2. Valeurs de la capacité d'échange, 160	
B - Valeurs et rapports des principaux cations	160
1. Valeurs et rapports des principaux cations échangeables dans quelques sols forestiers du Plateau, 161	
2. Valeurs des principaux cations dans les sols agricoles, 161	
II.- Paramètres physiques de la fertilité	162
A - Profondeur du sol et réserve en eau	162
B - Bilan hydrique et irrigation	163
C - Stabilité de structure	164
D - Porosité et tassement	165
E - Perméabilité et drainage	165
1. gleys et pseudogleys, 165	
2. les tourbes, 166	
3. les moutilles, 166	
III.- Appréciation du potentiel de fertilité des divers types de sols	166
A - Principes généraux	166
1. facteurs limitants absolus, 167	
2. caractéristiques défavorables, 167	
B - Aptitudes culturales et fertilisation des différents types de sols	168
1. sols peu évolués, 168	
2. sols à horizon B de structure, 168	
3. sols à horizon (B) peu épais, 169	
4. sols à horizon (B) assez épais, 170	
5. sols lessivés, 171	
6. sols hydromorphes des plaines et marais drainés, 171	
C - Potentiel global de fertilité et adaptation des cultures aux principaux types de sols	172
Annexe I : origine des principaux éléments nutritifs minéraux des sols du Plateau	175
Annexe II : méthodes d'analyses utilisées	176
Annexe III: géologie et structure de la couverture pédologique, complément à la légende de la carte	176
Annexe IV: lexique	179
Bibliographie	183
Liste des figures	187

INTRODUCTION

LA NOTION DE SOL

Le sol est une très mince pellicule qui se forme à la surface de la terre et dans laquelle les végétaux trouvent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur croissance. Formé à la surface de contact de la lithosphère et de l'atmosphère, le sol est le produit résultant de l'interaction des facteurs climatiques, géologiques et de la végétation. C'est une masse essentiellement minérale, plus ou moins finement divisée à laquelle se mélange de la matière organique dans la partie supérieure. Le sol est également peuplé d'une foule d'organismes vivants, animaux ou végétaux, micro ou macroscopiques. Leur existence conditionne l'évolution ou la conservation des sols, l'équilibre nutritionnel des végétaux.

La formation et l'évolution d'un sol conduisent à la différenciation verticale de divers niveaux que l'on appelle horizons*. L'ensemble des horizons d'un sol s'appelle profil. Schématiquement, on désignera par «A» l'horizon de surface riche en matière organique. «B» est l'horizon intermédiaire, qui peut se composer essentiellement de matières minérales, provenant de l'altération de la roche, ou bien s'enrichir des produits entraînés de la surface vers la profondeur par le lessivage (argiles, éléments solubles). Enfin, l'horizon «C» désigne le matériau originel dont le sol est issu.

L'évolution normale d'un sol est de type C – AC – A(B)C – ABC. Cependant, il n'est pas rare que les processus d'évolution d'un sol soient empêchés pour des raisons diverses (géographiques, climatiques, topographiques). C'est la raison pour laquelle on rencontre des sols dont le degré d'évolution est très variable.

Le signe * renvoie au lexique, p. 179.

PREMIÈRE PARTIE:

FACTEURS DE DIFFÉRENCIATION DES SOLS

I LE CLIMAT:

Du fait des barrières montagneuses qui l'entourent, le Plateau suisse présente un climat tempéré humide à tendance continentale, c'est-à-dire avec un hiver froid et sec et un été relativement chaud et humide. Le maximum des pluies se situe en août, avec une pluviosité annuelle moyenne dépassant 1 mètre. Les précipitations augmentent avec l'altitude et le maximum estival est d'autant plus marqué qu'on se rapproche des Préalpes (B. PRIMAULT, 1972).

L'effet de barrière qu'oppose le Jura aux influences océaniques détermine au pied de son versant sous le vent (à l'adret) une bande avec minimum régional des précipitations durant la saison de végétation. L'évapotranspiration* s'y trouve renforcée par la formation d'un vent descendant desséchant: le Joran.

L'établissement du bilan des précipitations moins l'évapotranspiration à Genève (F. CALAME, 1977) fait apparaître des périodes de déficit hydrique dépassant par exemple 15 mm par jour, un an sur deux en juillet.

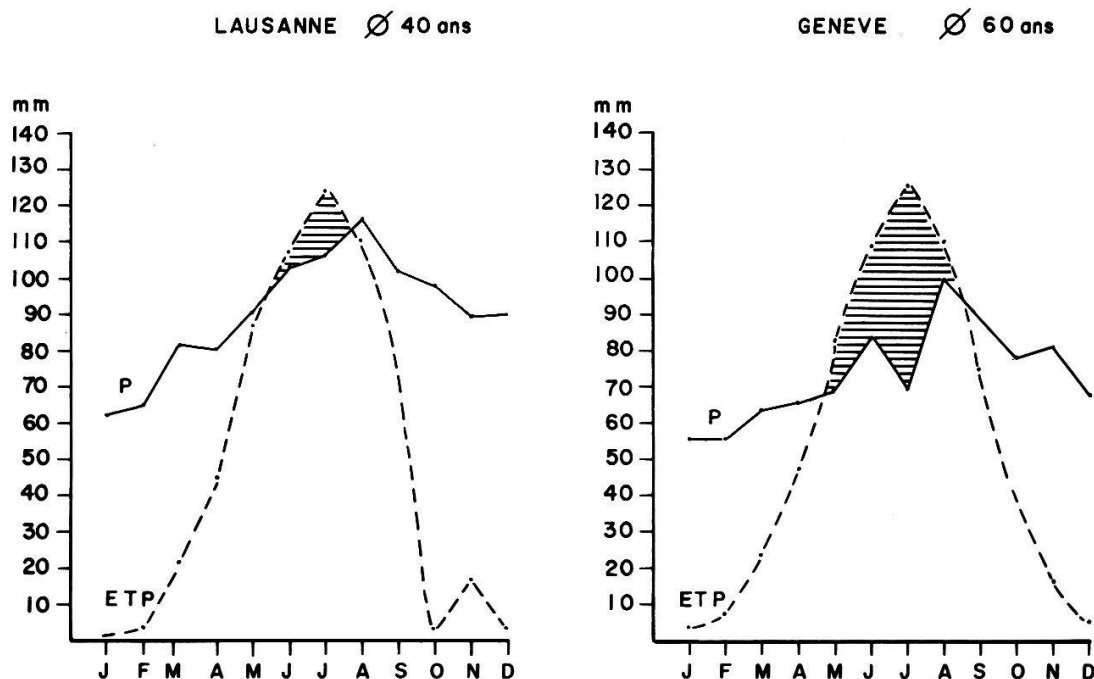


Fig. 1. - Bilan hydrique, moyennes mensuelles

P = précipitation

ETP = évapotranspiration potentielle

hachures = déficit hydrique

Puisque le sol se forme lentement, il convient de rappeler que le climat n'est pas resté uniforme depuis le retrait des glaciers. Le réchauffement amorcé il y a

10 000 ans, s'est affirmé durant la période atlantique, un peu plus tempérée que l'actuelle. La couverture végétale s'est modifiée par extension de la chênaie à l'Atlantique et sa régression ensuite. Les variations de la pluviosité se sont traduites par celles du niveau des lacs (R. MULLER, 1974), ainsi on retrouve l'existence de plusieurs périodes humides, dont une des plus générales est celle du 2^{ème} âge du fer, lesquelles ont provoqué des ruissellements (dépôts de colluvions*) dans les terres déboisées, de même que des glissements de terrain (S. GABUS et coll., 1975).

II LES ROCHES-MÈRES:

A Histoire géologique du Plateau

Après avoir déposé les sédiments calcaires qui constituent la masse des Préalpes et du Jura, la mer se retire au Crétacé moyen. Les sédiments consolidés se soulèvent en plusieurs fois. Après l'émersion, se produit une altération dont il reste quelques traces au pied du Jura sous forme des poches sidérolithiques (Eocène). Par compensation isostatique, le pied de la chaîne naissante s'enfoncé.

Le plateau molassique actuel est un bassin sédimentaire où se sont accumulés, sur 2,5 km d'épaisseur, les produits de l'érosion des Alpes en formation durant la période oligocène (sédiments souvent repris à des couches détritiques plus anciennes de même origine: les flyschs) en direction de l'avant-fosse préalpine.

L'effet combiné des vitesses variables de la subsidence et du remblayement du bassin par les cours d'eau, divagant sur de larges deltas, explique les variations de texture observées dans la molasse. Plus on se rapproche de la source préalpine des matériaux, plus ils sont grossiers (poudingues); de même, à chaque creusement d'un nouveau chenal d'évacuation correspond un apport frais de sédiment plus grossier dans son axe longitudinal, qui cède la place à des sédiments plus fins vers ses bords et au fur et à mesure de son comblement (grès, marno-grès, marne, calcaire lacustre). Ainsi s'observent des cycles sédimentaires qui se répètent à l'intérieur de chaque étage géologique à des rythmes variables et se traduisent par une alternance de bancs lenticulaires, d'épaisseur et de fréquence variables, chaque série ayant pu être plus ou moins tronquée par la suivante (A. BERSIER, 1958), au gré des divagations des cours d'eaux et des bras de mer. L'évolution générale s'est traduite par une proportion croissante de grès allant de pair avec une influence marine, d'abord épisodique à l'Aquitainien, puis dominante au Burdigalien, tandis qu'auparavant les sédiments avaient été surtout lacustres (Stampien marneux = molasse d'eau douce).

Au Pliocène, des plissements forment le Jura. Au pied de celui-ci, une partie des calcaires crétacés gardent leur aspect tabulaire avec quelques restes de l'altération éocène, tandis que les couches se redressent brutalement à l'Ouest (Jura plissé) et seront tronquées par l'érosion (D. AUBERT, 1975).

Les couches molassiques sont coupées par une grande faille chevauchante (Servion) qui fait buter la molasse charriée préalpine stampienne contre le Burdigalien tabulaire du Jorat.

Au Quaternaire, le glacier du Rhône envahit le Plateau, rabotant les couches molassiques. Il abandonnera des dépôts plus épais dans les creux topographiques (zones de relâchement de la pression des glaces) ainsi qu'à son extrémité. L'épaisseur de la calotte glaciaire a pu être estimée à plus de 700 m en se basant sur l'altitude des blocs erratiques alpins déposés sur les flancs du Jura. Au cours de la dernière période glaciaire (Würm), le glacier a pratiquement supprimé la trace des époques glaciaires précédentes, sauf quelques placages de moraine de fond dans des creux. Le front du glacier a reculé et réavancé plusieurs fois (près de Thonon, trois périodes interstadias ont pu être repérées en sondage par la présence de dépôts organiques datés (B. BLAVOUX, 1971). Les maximums d'extension des glaciers alpins se situeraient au Würm 2 (-40 000 ans) et au Riss final (150 000 ans).

Au retrait des glaciers succède une période de toundra pendant laquelle la partie supérieure des dépôts meubles a été remaniée par le ruissellement et le vent. C'est souvent dans cette couche de limon de remaniement que se formera le sol.

Un grand nombre de cuvettes se remplissent de colluvions et se transforment en marais. Tandis que les rivières remanient les dépôts morainiques, les alluvions s'accumulent dans les basses plaines aux extrémités marécageuses des lacs (Orbe, vallées de la Broye et du Rhône).

B Caractéristiques des dépôts

1. Calcaires crétacés du pied du Jura

Ce sont des calcaires durs, à passées plus marneuses (sols de Juriens), d'âge Hauterivien-Valanginien au Nord (région de Concise-Yverdon) et Barrémien pour la plus grande partie (calcaire blanc, corallien du Mormont et d'Orbe). Ils sont très diaclasés et découpés en compartiments par des failles. Leur dureté freine leur fragmentation mais les nombreuses diaclases ont favorisé l'érosion karstique.

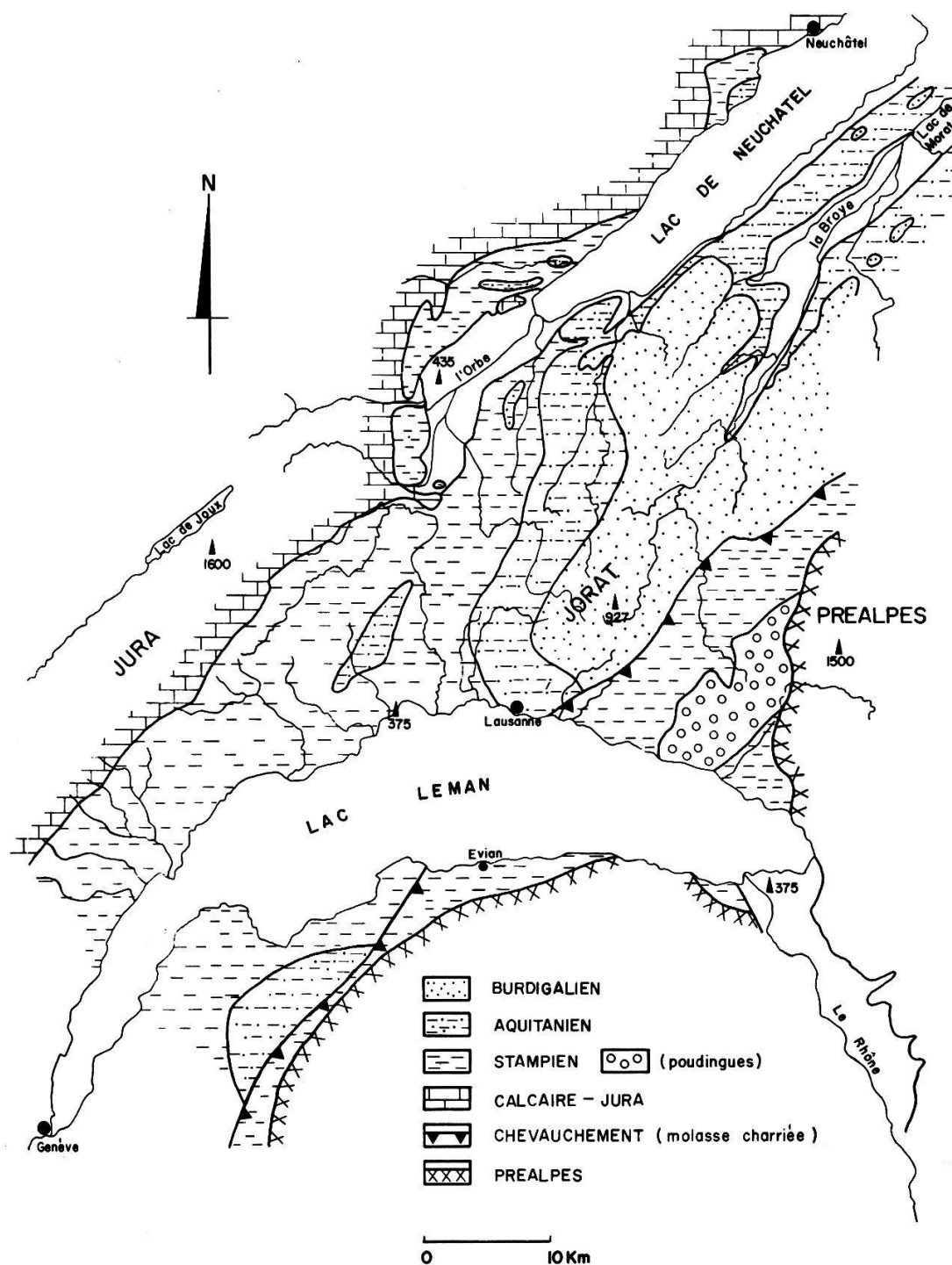


Fig. 2. - Nature des substrats géologiques

2. Molasses oligocènes

Au sens restreint et pétrographique, la molasse est un grès feldspathique micacé à ciment calcaire ou calcaire argileux (selon la définition de L. CAYEUX, 1929); ce grès, surtout riche en quartz d'une taille voisine de 0,3 mm, contient une foule de débris de roches cristallines et carbonatées, des micas, des chlorites, des minéraux lourds variés. Les feldspaths représentent autour de 20 à 30% des minéraux en grains.

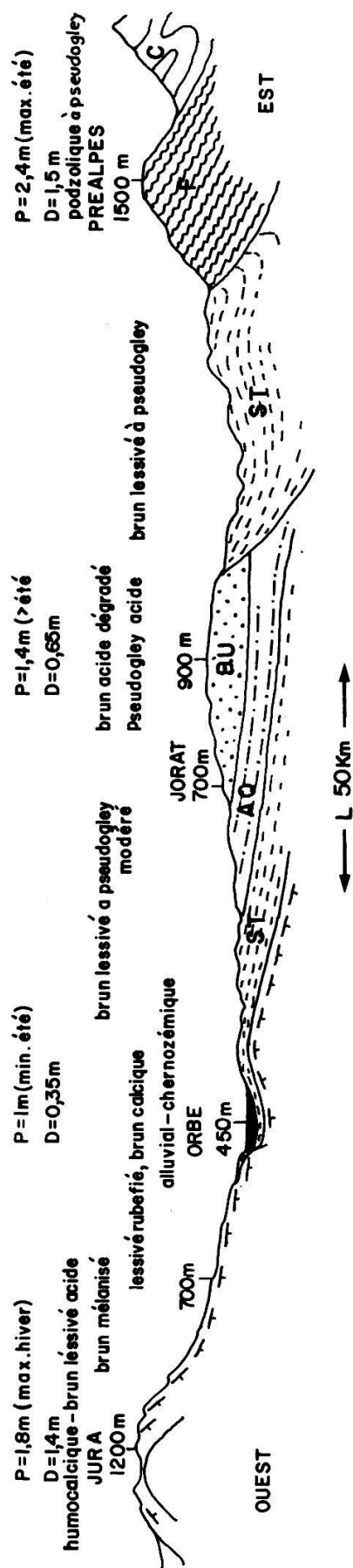


Fig. 3. — Structure géologique et répartition des précipitations et des sols

P = précipitations annuelles moyennes

D = drainage climatique annuel = $P - ETP$

Au sens large, on assimile à la molasse tous les faciès d'accumulation qui accompagnent le grès (D. GIOT, 1973). Ainsi, les molasses sont composées de bancs alternés de marne – marnogrès et grès. Sur la base de leurs teneurs en calcaire, argile* + limon (lutite) et sable (arénites) D. KISSLING (1974) distingue 12 faciès, auxquels il faut encore ajouter les poudingues molassiques et la molasse à charbon. On peut remarquer que la proportion relative de grès va croissant avec un âge plus récent. Faciès gréseux mis à part, les molasses sont riches en limon (figure 5). Les molasses marneuses en particulier sont caractérisées par leur teneur plus élevée en limon fin (2-20 μ). L'analyse granulométrique plus détaillée de deux échantillons (Arnex et Vuarrens) a montré que le limon fin y est en majeure partie d'une taille proche de l'argile (2 à 8 μ).

microns	Arnex/Orbe en %	Vuarrens en %
55-2000	21	21
31,5-55	3	1,5
20-31,5	2	2,5
12,5-20	3,5	7,5
8-12,5	8	6,5
5-8	11,5	8
3,15-5	4,5	3
2-3,15	43	19
0-2	3,5	31

Analyse granulométrique de deux molasses marneuses (horizons C)

La teneur en calcaire total varie de banc à banc; elle est faible dans les molasses argileuses (molasse rouge); les grès sont d'autant plus calcaires qu'ils sont cimentés (calcaires gréseux), la proportion de résidu insoluble étant alors moins grande; les marnes sont souvent riches en carbonates. Le dosage effectué dans 40 échantillons de Stampien prélevés sous le sol (horizon C) a donné une fréquence maximum, autour de 20% de CaCO₃ total (figure 9); le même dosage sur les horizons C des étages Aquitanien et Burdigalien donne des valeurs très faibles à nulles, parce que la profondeur de décarbonatation est plus grande, pour des raisons climatiques et pédologiques sur lesquelles nous reviendrons, tandis que les roches elles-mêmes (horizons R) peuvent montrer des teneurs importantes, quels que soient les étages géologiques (A. BERSIER, 1938 et J.-P. VERNET, 1959).

3. *Les dépôts glaciaires*

La couverture morainique est hétérogène et d'épaisseur très variable. Il existe tous les degrés de mélange entre molasse remaniée et moraine de fond ou entre dépôts alpins rhodaniens et jurassiens au pied du Jura.

Le cortège pétrographique est le même, quels que soient le faciès et l'âge, avec quelques variations locales de pourcentages; graviers et galets sont nettement dominés par les calcaires; les sables et minéraux lourds associés dérivent en majeure partie des molasses (U. GASSER et W. NABHOLZ, 1969).

La proportion de carbonates présente un maximum de fréquence à 25% (figure 9); il y a une relation entre l'augmentation de la teneur en CaCO_3 et celle de la grosseur des fractions granulométriques sableuses (J.-P. VERNET, 1956; U. GASSER, 1969; J.-P. PORTMANN, 1956).

On peut distinguer les faciès suivants, sans pouvoir mettre de limite précise entre eux à cause des faciès de transition (A. JAYET, 1957).

a) La moraine de fond compacte, à blocs striés, s'est déposée sous le glacier plutôt riche en limon et pauvre en cailloux; elle reflète la texture des étages molassiques sous-jacents (figure 5). Cependant, l'amplitude des textures de la moraine est plus réduite que celle des molasses de substratum. Ce phénomène peut être attribué au brassage glaciaire et au fait que les grès, en partie plus résistants, ont été moins érodés. — La moraine de fond prend parfois un faciès moins caractéristique, plus caillouteux, et elle est alors décrite comme moraine indifférenciée ou remaniée.

b) Le fluvioglaciaire, constitué par des lentilles de sable et graviers bien classés et stratifiés, s'est déposé en avant du glacier; il peut avoir été recouvert par une moraine de fond d'un stade glaciaire postérieur.

c) La moraine superficielle ou caillouteuse s'est déposée sur le glacier, c'est un faciès à caractères intermédiaires entre la moraine de fond et le fluvioglaciaire. Les cailloux sont nombreux, peu émoussés; toutes les catégories granulométriques y sont mélangées en proportions moyennes. Cette moraine se superpose en général à la moraine de fond, mais, comme elle a été déposée par le même glacier, il arrive aussi qu'elle forme des poches dans la moraine de fond.

4. *Les limons de remaniement et colluvions décarbonatées*

Ce sont des limons de ruissellement relativement pauvres en cailloux, issus du remaniement de la partie supérieure des dépôts antérieurs.

Leur mise en place a deux origines, souvent difficiles à distinguer:

- le remaniement en climat périglaciaire, juste après le retrait des glaces, peut-être avec une part d'éolisation;
- le remaniement sur les pentes par ruissellement et érosion des sols cultivés; dans ce cas, ces limons ne sont qu'un type de colluvions décar-

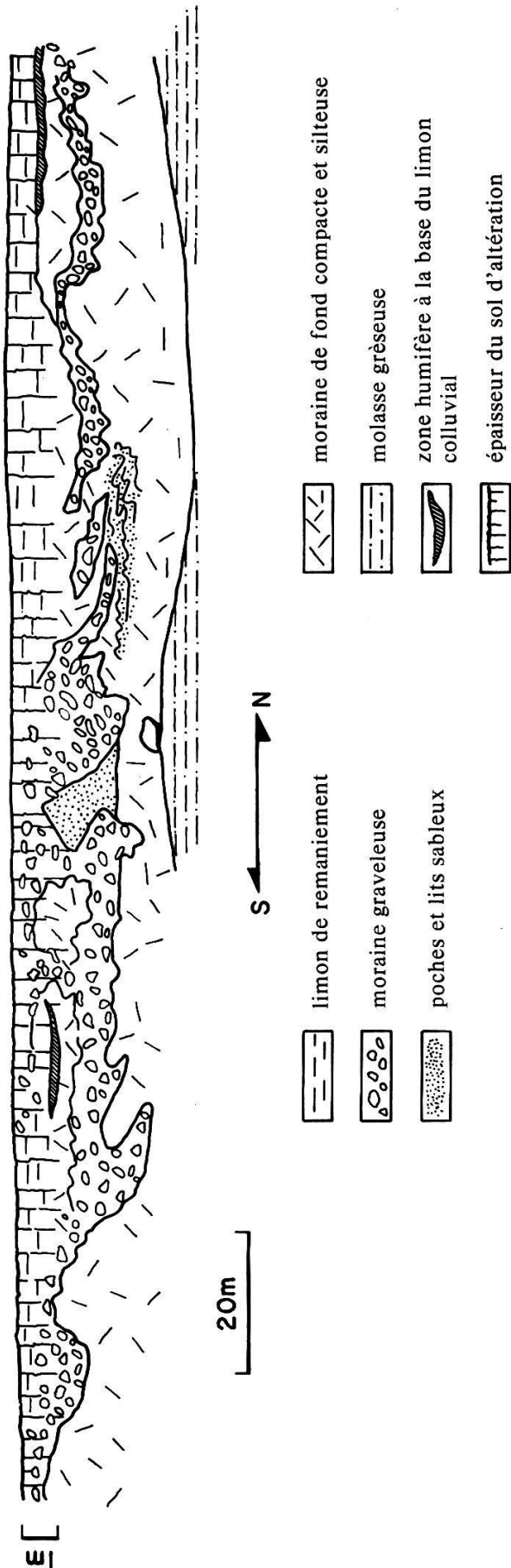


Fig. 4. - Coupe dans les dépôts morainiques à Bettens

Cette coupe montre bien la complexité des dépôts morainiques, même en l'absence de relief à cause des déformations d'origine périglaciaire subies par les dépôts au moment de la fonte de la calotte glaciaire ou de poussées successives par le glacier.

Le sol possède de ce fait une charge en cailloux et une texture variable sur de courtes distances, sinon en surface, du moins en profondeur.

Le type de sol varie entre le brun calcaire, lorsque la moraine de fond remonte vers la surface, et le brun lessivé là où la moraine graveleuse s'épaissit; on rencontre encore un sol brun à caractère vertique, un peu plus humifère à la base sur limon colluvial.

La molasse apparaît de façon irrégulière sous plusieurs mètres de moraine; limons de remaniement et colluvions ont nivelé les irrégularités de la surface des dépôts morainiques.

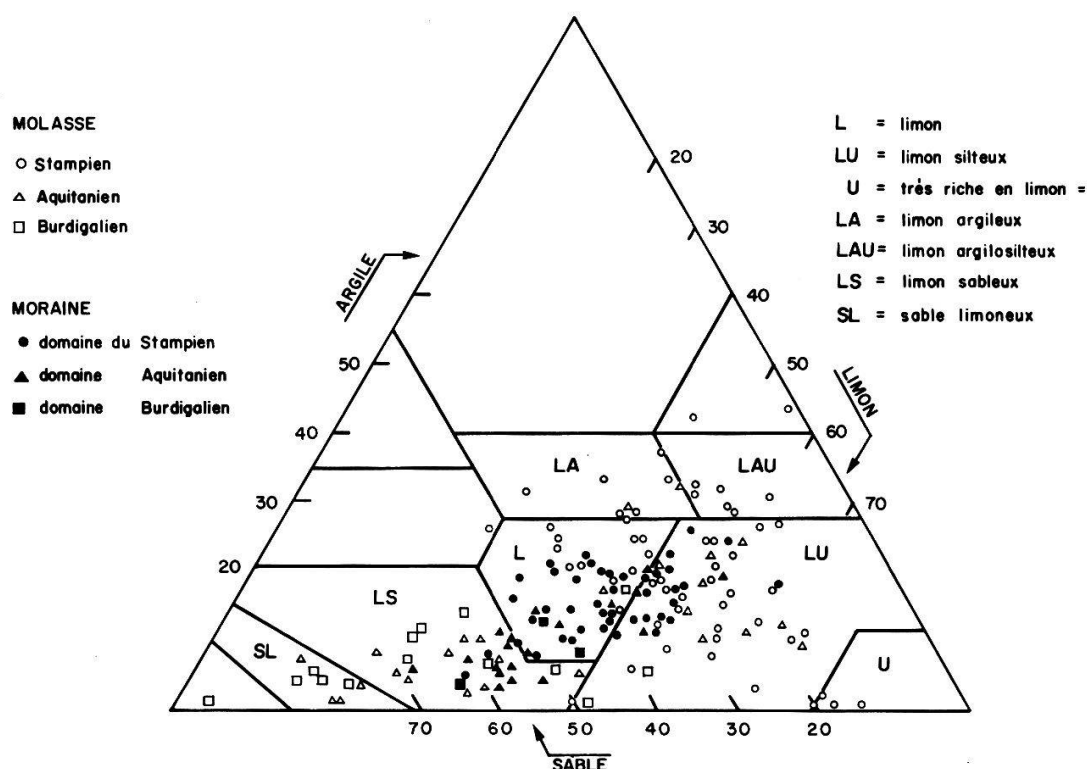


Fig. 5. – Granulométrie de la molasse et des moraines (triangle textural international)

bonatées; ils peuvent atteindre 1 m d'épaisseur sur les sites de l'âge du bronze.

Ces limons se trouvent en position subhorizontale, comblant de légères dépressions ou en pied de talus (limons de pente).

Leur texture varie: silteuse sur les moraines dérivées du Stampien, sablo-limoneuse sur celles dérivées du Burdigalien.

Leur rapport limon-fin/limon grossier* est voisin de 1.

Il a été souvent impossible de cartographier, voire de distinguer sur le terrain ces limons et colluvions, parce que, ou bien ils ne sont pas assez épais pour permettre l'expression d'un sol particulier et il est difficile de distinguer la part qu'ils occupent dans chaque profil, ou bien ils sont plus épais mais leur extension est trop limitée.

5. Les alluvions et colluvions carbonatées

Il s'agit des alluvions postglaciaires. Elles sont généralement plus fines, sauf à proximité des cours d'eau (variations latérales). Dans les plaines (Orbe, Broye, Rhône), on observe la superposition de limons plus ou moins organiques à des sables et graviers. Dans les dépressions marécageuses, la succession la plus fréquente est, de bas en haut: argile glaciaire, craie lacustre, tourbe, limon argileux organique. Latéralement, ces dépôts alluviaux fins passent insensiblement aux colluvions des bas

de pentes. Leur âge proto-historique et historique est prouvé par le matériel archéologique qu'ils contiennent (âge du bronze à romain et fers à chevaux du Moyen-Age au XIX^e siècle). Des variations de texture interviennent souvent sur une même verticale, elles révèlent les divagations des anciens cours (figure 6).

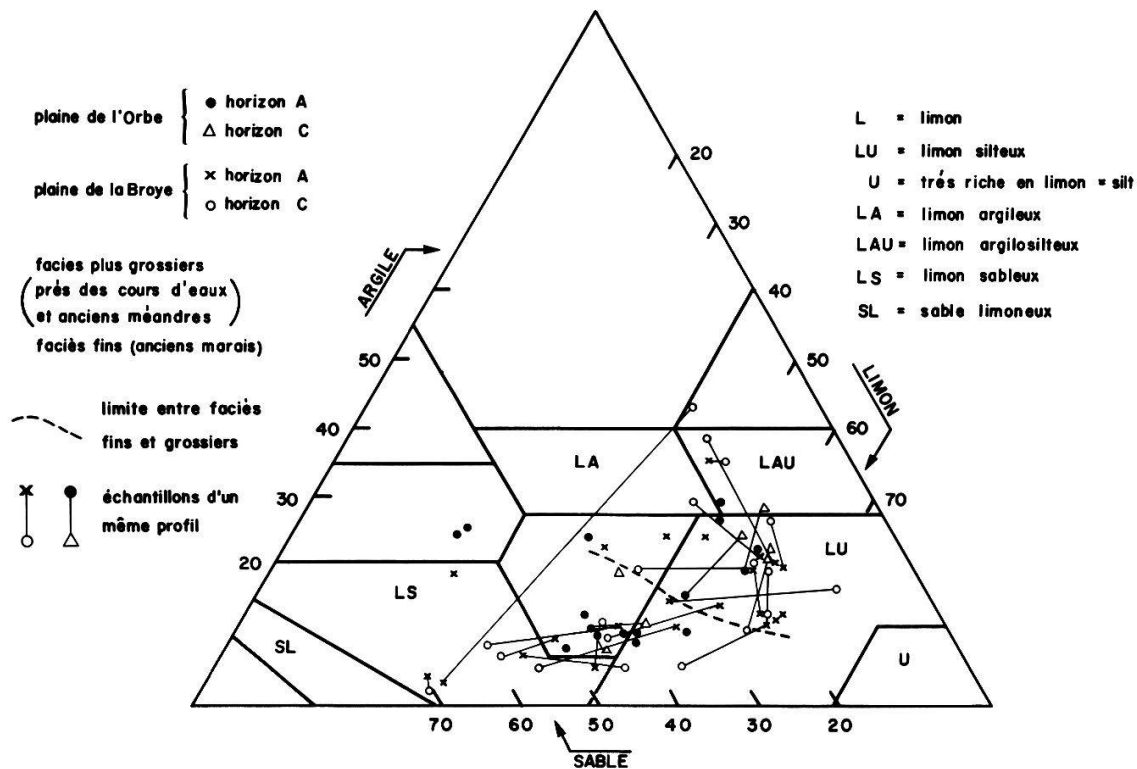


Fig. 6. – Granulométrie des alluvions

Les alluvions de la plaine de l'Orbe sont plus riches en carbonates et la composition granulométrique des alluvions fines reflète celle de la molasse marneuse, ce qui montre qu'elles dérivent de son érosion depuis les pentes environnantes.

La présence des vestiges archéologiques dans ces alluvions et colluvions indique bien que l'état marécageux n'était pas généralisé, mais épisodique. On pense alors à rapprocher l'histoire de ces plaines de celle de la Limagne, dans le Massif Central, également nourrie par les colluvions molassiques au post-glaciaire; leur étude a montré que les défrichements et les suites d'années très humides ont marqué le dépôt des colluvions et l'abandon des sites.

L'étude du niveau des eaux du lac de Neuchâtel (H. SCHWAB et R. MULLER, 1974), fait ressortir des périodes d'inondations dont certaines sont aussi attestées en Limagne, car les documents archéologiques concordent assez bien: inondations catastrophiques de l'âge du fer, du début et de la fin du Moyen-Age et du XVIII^e siècle coïncidant avec des périodes d'avancée des glaciers alpins.

III LA GÉOMORPHOLOGIE

A La géomorphologie et les séquences de sols

Le paysage du Plateau a été complètement refaçoné par le glacier, en grand comme en petit, ce qui a engendré, à quelques nuances près, la répétition des mêmes formes à différentes échelles, que le soubassement soit molassique ou calcaire et même lorsque les dépôts morainiques sont plus épais.

L'ensemble est en forme de gradins plus ou moins empâtés de moraine. Sur le calcaire du pied du Jura, le relief est en marches d'escalier avec quelques compartiments soulevés par la tectonique. La moraine a plus ou moins ennoyé et râclé un karst; les parties saillantes sont les têtes de bancs calcaires. Les molasses ont été plus facilement moutonnées et façonnées en collines allongées, d'axes parallèles, séparées par des dépressions marécageuses (T. BIELER, 1901 et A. BERSIER, 1942). Lorsque l'épaisseur de moraine est telle que les substrats n'affleurent plus (La Côte, région de Dizy, Sottens...), le glacier a déposé des crêtes graveleuses ou de moraine de fond de forme analogue à celle des collines molassiques.

La séquence topographique montre que le substrat calcaire ou molassique vient affleurer sur les reliefs convexes, là où l'érosion de la calotte glaciaire était maximum (figure 7). La calotte glaciaire a érodé différemment les marnes et les grès selon l'épaisseur des bancs et leur degré de consolidation. Sur les séries où les faciès marneux dominant, les marnes peuvent affleurer aussi bien sur les bosses que dans les dépressions. Sur les séries à bancs de grès et marnes alternés, l'érosion tend à mettre les bancs gréseux en saillie, mais les grès tendres ont pu être autant ou plus surcreusés que les marnes. Sur les faciès gréseux massifs, la stratification en lentilles à différents degrés de consolidation a encore été à l'origine d'une érosion différentielle, mais d'une ampleur plus restreinte.

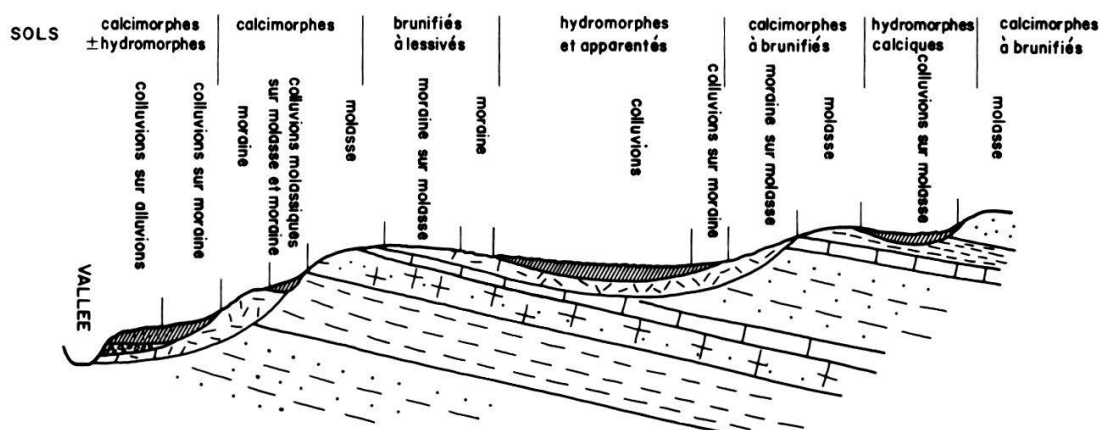


Fig. 7. — Schéma type de la distribution des roches-mères des sols

Lorsque le substrat n'affleure plus, ce sont les faciès de moraine graveleuse qui le remplacent aux ruptures de pente. Les replats et les cuvettes correspondent à une plus grande épaisseur de dépôt morainique encore recouvert de limon ou de colluvions.

Au niveau des sols, on observe que le maximum d'épaisseur et d'évolution coïncide avec les replats (sols bruns lessivés dans la moraine épaisse et les limons). Sur les bosses, les sols sont érodés, souvent carbonatés, pierreux et peu épais (rendzines sur molasse et moraine); dans les creux, ils sont lourds et engorgés d'eau (sols hydromorphes dans les colluvions argilo-limoneuses à sablo-limoneuses).

Plus la pente moyenne est forte et plus il y a de sols carbonatés.

B Les roches-mères et les sols

Il est souvent difficile de dire à partir de quelle roche-mère s'est formé le sol, parce que les roches-mères de la plupart des sols sont composites. Les schémas de superposition que nous allons passer en revue se retrouvent quel que soit l'état d'évolution des sols, la tranche d'altération ne faisant que recouper ces dispositions.

1. Moraine sur calcaire

Sur calcaire crétacé, plusieurs observations conduisent à admettre une origine morainique partielle ou prépondérante du matériel meuble qui constitue le sol:

- a) présence presque constante de graviers et galets alpins dans les sols peu épais, parfois se réduisant seulement à des blocs erratiques posés sur la dalle nue;
- b) texture riche en limon alors que la décarbonation du calcaire donne de l'argile;
- c) au-delà d'une épaisseur d'environ 70 cm, la moraine non altérée relaye exclusivement le calcaire comme support et roche-mère du sol.

2. Moraine sur molasse

Sur molasse, l'épaisseur de la couverture morainique varie sur de courtes distances, la molasse se trouvant souvent à une profondeur bien moindre que ne le laisse supposer la carte géologique. Ceci se répercute à tous les niveaux de l'espace géographique:

- a) au niveau régional, la composition texturale de la moraine reflète de façon atténuée celle de la majorité des bancs de la molasse sous-jacente; ces bancs de molasse sont tronqués successivement par la surface topographique, du fait de leur pendage isoclinal; la moraine est le produit de leur rabotage, transporté sur quelques kilomètres au maximum, ce qui est confirmé par les études minéralogiques (U. GASSER, 1969 et T. PETERS, 1969). Ceci se traduit dans les sols par la présence de bandes texturales orientées parallèlement aux étages molassiques, donnant des limons de plus en plus sableux vers l'Est (Jorat) avec des altitudes croissantes;

inversement de plus en plus silteux vers l'Ouest (pied du Jura) et à l'Est du Jorat, où la molasse marneuse stampienne se retrouve à l'état charrié de molasse sub-alpine.

b) au niveau local, la pellicule de moraine égalise les textures par rapport à celles des substrats. En effet, même si la moraine recouvre des bancs de molasse de texture variable, tels que des bancs gréseux dans des séries marneuses, la texture reste la même au niveau de la moraine, c'est-à-dire limoneuse sur le Stampien, même si un banc gréseux affleure sur une centaine de mètres, pour autant que la moraine ait 40 ou 50 cm d'épaisseur.

c) au niveau du profil de sol, l'influence molassique augmente en profondeur et inversement, le remaniement morainique s'affirme vers la surface. Comme la moraine de fond est surtout composée de molasse broyée, dans les cas limites, seule la présence de quelques galets ou graviers alpins permet d'identifier le remaniement morainique sur le terrain; dans les autres cas, il y a un gradient textural et minéralogique plus net.

3. *Moraines de différents faciès superposés*

Sur de courtes distances, les dépôts morainiques peuvent changer de faciès: présence de lentilles graveleuses de quelques mètres ou dizaines de mètres dans ou sur la moraine de fond, superposition d'une moraine superficielle graveleuse à la moraine de fond. Dans ce dernier cas, l'altération tend à se cantonner dans le dépôt le plus perméable et la base du sol coïncide le plus souvent avec le sommet de la moraine de fond.

4. *Dépôts remaniés et colluvions sur les autres formations*

A la faveur de chaque surface plane ou concave, la partie supérieure des dépôts environnants a été remaniée et plus ou moins colluvionnée.

Les dépôts colluviaux sont enrichis en particules fines et en humus par rapport aux formations géologiques et sols qui les ont nourris; ils ont moins de cailloux, on y trouve souvent de petits charbons de bois et, parfois, des fragments de terre cuite.

Dans les plaines, les dépôts colluviaux passent latéralement aux alluvions; dans les petites vallées, ils recouvrent les alluvions en s'y mélangeant.

En résumé, bien souvent sur le terrain, les mélanges et transitions tiennent autant de place que les dépôts nettement définissables et l'horizon C actuel du sol n'est pas toujours la roche-mère de celui-ci.

IV L'ÂGE DES SOLS

L'ensemble du paysage ayant été raboté par le glacier würmien et recouvert par ses dépôts, presque tous les sols sont post-glaciaires et monophasés (à profil simple). C'est dire que l'âge des plus évolués (bruns lessivés) n'excède guère 10 000 ans. Même si le retrait glaciaire a débuté bien avant la fin du Würm (M. BURRI, 1977), les sols ne sont pas plus évolués dans la zone libérée en premier lieu par les glaces. Ceci laisse à penser que l'évolution des sols n'a vraiment été importante qu'avec la stabilisation de la couverture végétale, soit après la disparition du climat périglaciaire qui a succédé au retrait de la calotte de glace.

La période la plus active de formation des sols par décarbonatation et lessivage a probablement coïncidé avec l'Atlantique qui a duré de 7500 à 4500 ans avant le présent, le climat ayant été légèrement plus chaud que l'actuel. La position de vestiges archéologiques apporte des preuves dans ce sens (A. JAYET et M. SAUTER, 1953).

Dans la région du lac de Morat, DE MEER (1976) a pu dater du Dryas récent l'âge d'édification du cordon lacustre le plus ancien, sur lequel s'est développé un sol brun lessivé. La terrasse alluviale ou fluvioglaciaire située à une altitude relative de 5 à 10 m au-dessus des cours actuels de la Broye, de la Venoge et du Veyron, par conséquent d'âge tardi-à postglaciaire, porte un sol lessivé acide (figure 8). La plus basse terrasse fluvioglaciaire au-dessus du Léman (20 m) porte également un sol lessivé.

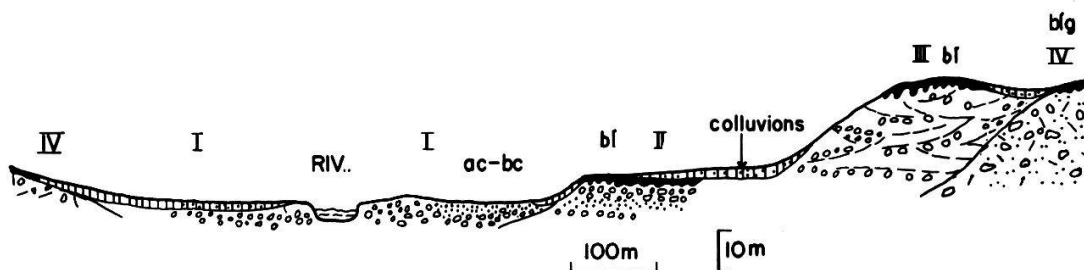


Fig. 8a. — Age des dépôts sédimentaires et types de sols dans la moyenne vallée de la Broye

dépôt	âge	types de sols
I. alluvions de la basse plaine	holocène	alluvial calcimorphe et brun calcaire alluvial
II. terrasse alluviale ou fluvioglaciaire de 6 à 10 mètres	tardiglaciaire	sol brun lessivé ou lessivé partiellement enfoui sous des colluvions.
III. fluvioglaciaire	würm	sol brun lessivé ou lessivé
IV. moraine	würm	sol brun lessivé à pseudogley
I et II colluvions de bas de versant	holocène	sols carbonatés ou recarbonatés

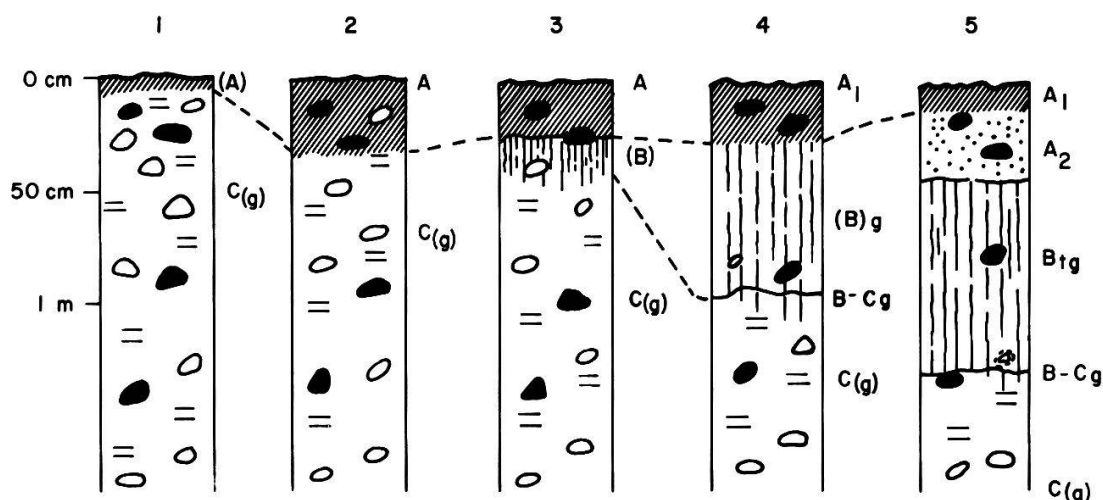


Fig. 8b. – Principaux stades d'évolution du sol sur moraine rhodanienne du Plateau suisse.

1. sol initial (rendzine régosolique)
2. pararendzine (rendzine humifère pauvre en calcaire ou sol rendocalcique)
3. pararendzine brunifiée
4. sol brun à pseudogley modéré
5. sol brun lessivé à pseudogley modéré

DEUXIÈME PARTIE:

DESCRIPTION, ÉVOLUTION ET LOCALISATION DES TYPES DE SOLS

I PROCESSUS D'ÉVOLUTION ET CLASSIFICATION DES SOLS

L'évolution des sols dépend de l'interaction de quelques paramètres fondamentaux, soit:

- rôle et degré de transformation de la matière organique
- importance de la teneur en carbonates de la roche-mère
- nature plus ou moins perméable et divisée de la roche-mère
- situation topographique
- bilan climatique stationnel
- durée d'évolution (cf âge des sols)

Les principaux processus d'évolution conditionnés par ces paramètres vont être décrits.

A Humification

Les débris végétaux, les cadavres d'animaux qui tombent à la surface du sol subissent assez rapidement des transformations. C'est grâce à l'action des nombreux micro-organismes vivants du sol (bactéries, algues, champignons, etc.) que cette matière organique se décompose. Cette bio-dégradation est assez rapide; la matière organique fraîche est ainsi transformée presque entièrement en éléments minéraux et résidus organiques divers. Parallèlement s'effectuent d'autres transformations chimiques au cours desquelles se synthétisent des produits organiques complexes et très stables: les humus. Ces composés organiques colloïdaux et les argiles s'organisent en édifices poreux qu'on appelle les agrégats; la résistance de ces édifices organo-minéraux est variable suivant la nature des éléments qui les composent. La nature des humus dépend des conditions générales dans lesquelles se déroulent les processus de décomposition de la matière organique; l'acidité du sol, son oxygénation, son humidité, sa température sont les facteurs les plus influents.

C'est ainsi qu'en milieu calcaire bien aéré, les complexes organiques humifiés sont très stables et constituent, avec les argiles, des agrégats très solides (mull calcique*). Au contraire, en milieu peu aéré ou très acide, les processus de minéralisation sont fortement ralentis; la matière organique fraîche s'accumule peu à peu à la surface du sol. Les composés organiques humifiés sont moins polymérisés, plus acides et, associés aux résidus non décomposés, ils donnent naissance à un horizon organique noir; ce sont les «mor»* ou les tourbes.

B Structuration:

Elle dépend de l'état de consolidation, de la granulométrie et de la teneur en résidu insoluble de la roche-mère.

Dans les sols développés sur les matériaux cimentés rocheux (calcaires, molasse gréseuse), la structuration n'apparaît qu'après la décarbonatation et l'altération. Si le produit d'altération est pauvre en résidu insoluble (cas des calcaires), une structure polyédrique apparaît.

A la partie supérieure des matériaux meubles de texture fine (molasse marneuse, moraine limoneuse remaniée, colluvions et alluvions limoneuses), une structure s'organise sous l'effet des contraintes mécaniques liées au climat (phases d'humectation – dessiccation). On a donc un approfondissement rapide du sol qui correspond à la construction d'un horizon (B) de structure, préalablement à toute autre altération de ces matériaux. Il s'agit d'une structure prismatique à sous-structure polyédrique fine. La moraine de fond limono-argileuse, trop tassée, n'est pas favorable à une bonne structuration, à moins d'avoir été remaniée.

Dans les dépôts meubles à phase grossière (fluvioglaciaire et moraine graveleuse) ou riches en sable, (colluvions et alluvions grossières), la

structuration n'apparaît qu'après l'altération et à condition que la teneur en résidu insoluble ne soit pas trop élevée.

C La décarbonatation

Toutes les roches-mères du Plateau sont carbonatées, nous l'avons vu dans une proportion moyenne de 25% mais avec de forts écarts (figure 9). Par conséquent, là où il n'y a ni trop d'érosion ni dépôt renouvelant la source des carbonates par la remise en surface de roche-mère, les acides organiques de la litière et le gaz carbonique provoquent une décarbonatation. La décarbonatation est l'entraînement en profondeur du calcium sous forme de bicarbonate soluble, le calcium étant combiné au gaz carbonique.

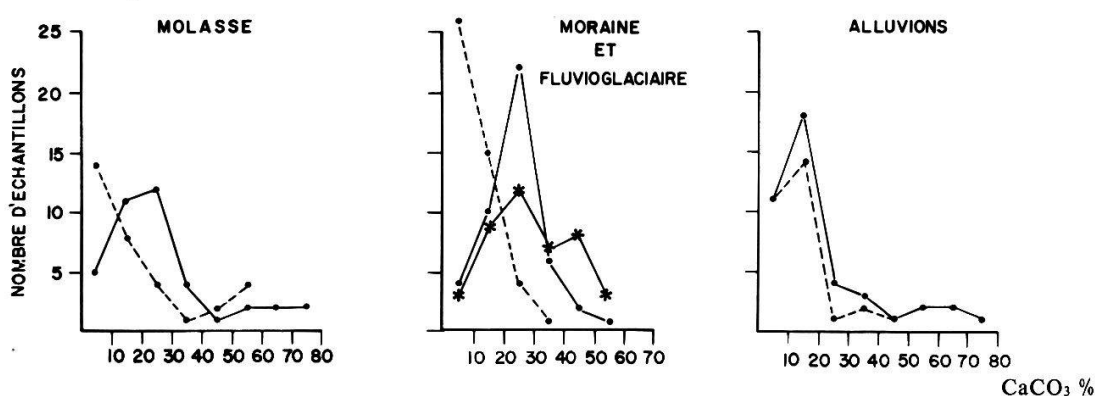


Fig. 9. — Calcaire total des sols développés sur l'étage stampien avec ou sans recouvrement morainique

----- horizons A
 — horizons C (roches-mères)

Par contre, dans les pentes érodées, dans les colluvions et les alluvions récentes, on rencontre fréquemment des sols carbonatés. Les sols carbonatés peuvent également se rencontrer dans certaines conditions de topographie :

- en situation de bas-fond baignant dans une nappe phréatique permanente riche en carbonate (gleys calciques du Jorat);
- sur pentes faibles et roche-mère peu perméable (moraine ou molasse silteuses) l'évapotranspiration et la faible perméabilité freinent la décarbonatation;
- sur pente forte et roche-mère perméable (fluvioglaciaire), l'infiltration des eaux est trop rapide pour permettre la mise en solution d'une quantité importante de carbonates.

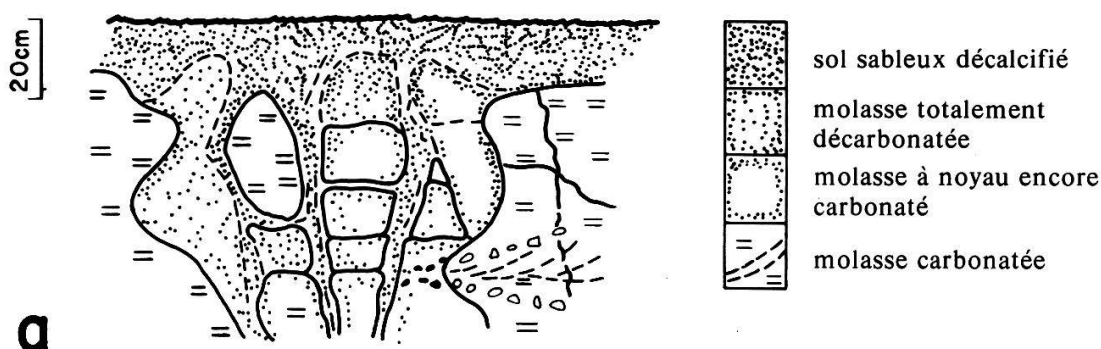
La décarbonatation ou hydrolyse des carbonates progresse à une vitesse variable et d'une manière plus ou moins complète suivant l'importance et la nature du ciment carbonaté, la proportion de résidus insolubles, la perméabilité et la porosité des roches-mères.

Calcaires: La décarbonatation est pelliculaire à cause de la dureté de la roche et la couche de sol qui en résulte est mince en raison de la faible

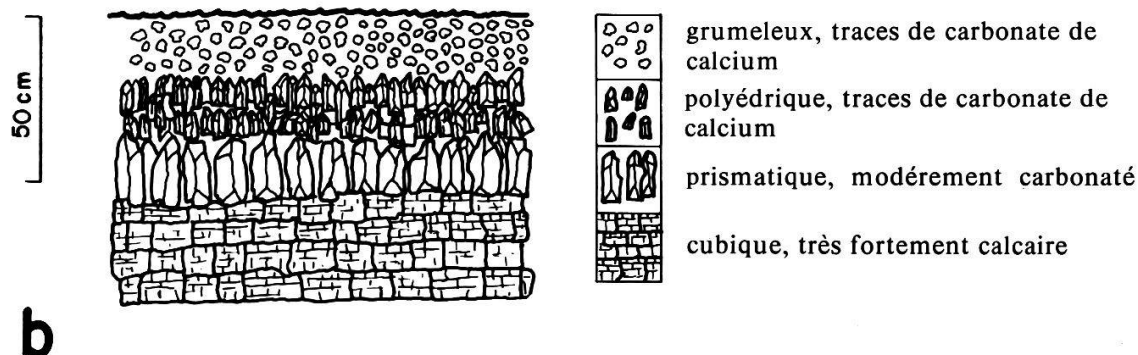
proportion de résidu insoluble (quelques %). Cette couche est d'autant plus mince et acide que le calcaire est massif, car, dans le cas d'un calcaire gélif, la fragmentation peut resaturer le sol en calcium.

Molasses: Dans tous les faciès, la proportion du ciment calcaire peut varier considérablement. En revanche, la granulométrie du résidu insoluble dépend des faciès, elle est d'autant plus riche en sable qu'une molasse est gréseuse.

La limite de décarbonatation est d'autant plus progressive et diffuse que la molasse est plus marneuse, c'est-à-dire moins perméable (figure 10 a et b). C'est dans les molasses gréseuses pauvres en ciment calcaire que la décarbonatation est la plus rapide.



Décarbonatation dans la molasse gréseuse: c'est une décarbonatation irrégulière, des noyaux à ciment plus abondant résistent plus longtemps, elle pénètre plus profondément dans les fissures.



Décarbonatation dans la molasse marneuse: c'est une décarbonatation progressive qui affecte l'ensemble du matériau régulièrement structuré.

Fig. 10. – Décarbonatation dans les molasses gréseuses (a) et marneuses (b)

Dépôts morainiques: La proportion de résidus insolubles est plus élevée dans les faciès à granulométrie fine (moraine de fond). D'autre part, ce qui caractérise la fraction carbonatée, à la différence des dépôts précédents où elle était surtout limoneuse, c'est sa dispersion granulométrique qui s'accuse dans les faciès grossiers (fluvioglaciaire). Ces sables, galets et blocs calcaires disparaissent donc à des vitesses variables, la

terre fine étant décarbonatée avant; le front de décarbonatation prend une forme irrégulière, en poches. Dans la moraine de fond limoneuse, la limite du front de décarbonatation est graduelle à cause de la faible perméabilité. Dans le fluvioglaciaire, l'enrichissement de la partie décarbonatée en matériaux fins diminue la perméabilité excessive au départ; de ce fait, le front de décarbonatation présente un aspect assez net.

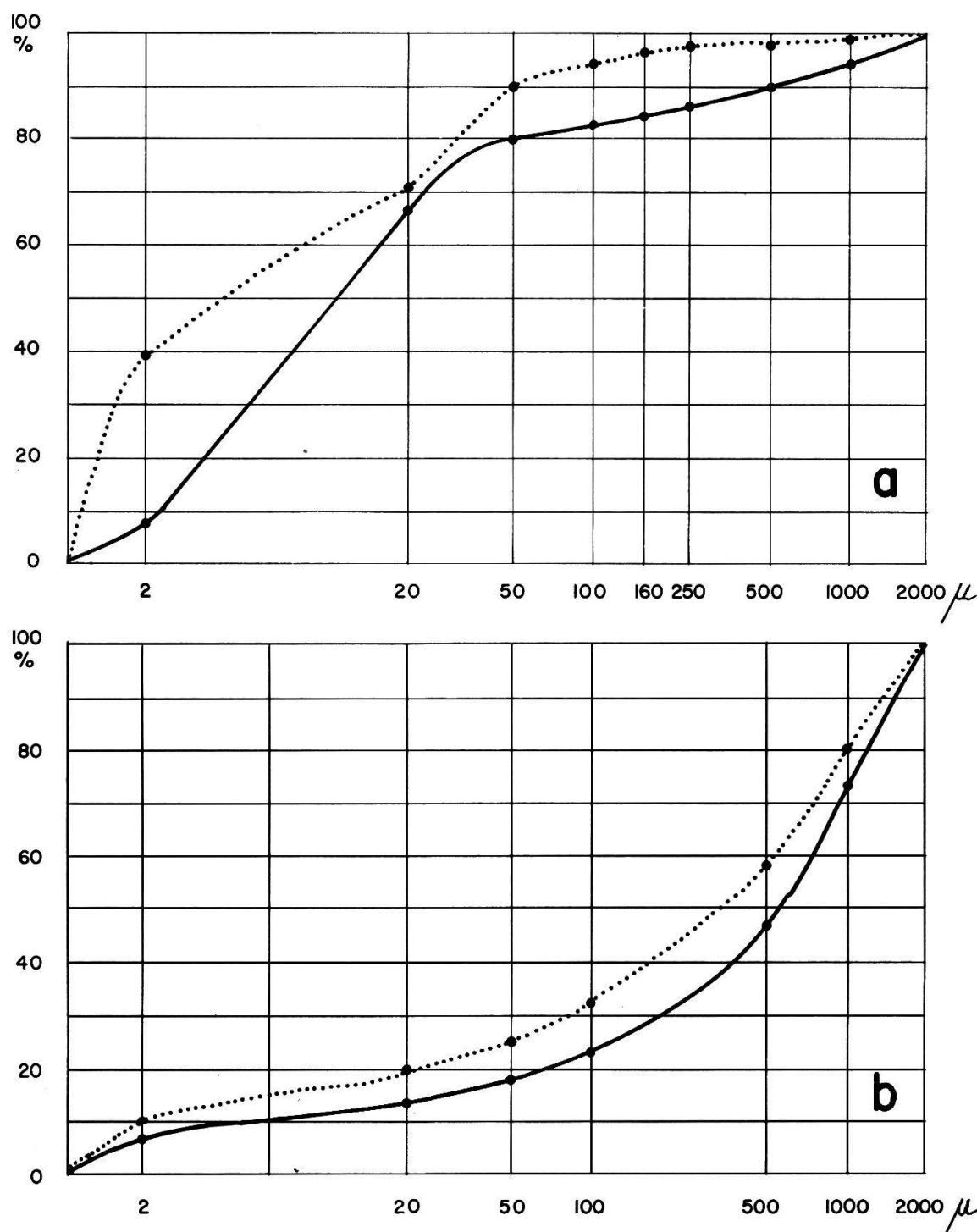


Fig. 11. - Doubles granulométries dans les échantillons limoneux (a) et sableux (b) du fluvioglaciaire (Genolier)

— non décarbonaté décarbonaté

Vitesse de la décarbonatation

D. AUBERT (1969) et M. POCHON (1968) ont essayé de chiffrer la vitesse de dissolution des calcaires du Jura en pesant la perte de poids de plaquettes calcaires enfouies quelques années dans le sol. En se décalcifiant sur 30 cm d'épaisseur en 10 000 ans, le calcaire dur donnerait un sol de moins de 3 cm d'épaisseur (résidu insoluble du calcaire inférieur à 4%).

En 10 000 ans, le fluvio-glaciaire jurassien en se décarbonatant sur 1 m d'épaisseur donne d'après L.M. BRESSON (1974) un sol de 30 cm d'épaisseur (résidu insoluble du fluvio-glaciaire égal à 10%).

Dans les dépôts moraino-molassiques du Plateau, la teneur en résidu insoluble dépasse souvent 30%, ce qui permet d'estimer que la tranche d'épaisseur décarbonatée pendant la même durée a pu être de 1 m pour donner un sol d'épaisseur moyenne également voisine du mètre.

Dans ces estimations, on a pris une densité apparente des roches-mères de 2,5 et une densité du sol de 1,5 avec une correction pour tenir compte du volume en eau et de la matière organique.

D Brunification

En même temps que la décarbonatation progresse, s'individualise l'horizon (B) d'altération du sol, qui s'épaissit au fur et à mesure que le front de décarbonatation descend; cet horizon est caractérisé par une structure polyédrique et une couleur brune due à la constitution de complexes argile-fer libérés par l'altération, sur lesquels se fixent les produits de transformation de l'humus. Dans certains cas (sols bruns calcaires), l'horizon (B) n'est que partiellement décarbonaté. Nous avons considéré ici que tant qu'un sol n'était pas décarbonaté, l'horizon B méritait plus le qualificatif d'horizon de structure que celui d'horizon d'altération, surtout si sa couleur n'est pas brune et reste proche de celle de la roche-mère. A vrai dire il n'y a pas de limite tranchée entre l'apparition de l'horizon B de structure et l'horizon (B) d'altération; tout dépend de la facilité relative qu'ont les matériaux parentaux à se structurer et à se décarbonater. Les plus durs se décarbonatent avant de se structurer, donnant des sols bruns à couleur brune vive; les plus limoneux se structurent bien avant de se décarbonater, donnant des sols bruns calcaires dont la couleur jaunâtre reste identique à celle de l'horizon C.

E Acidification ou hydrolyse acide

A la fin de la décarbonatation, à pH neutre, le sol a encore un complexe absorbant saturé en calcium (stade brun calcique). Si les conditions écologiques sont favorables à une élimination plus poussée du calcium et des bases principales K^+ Mg^{++} Na^+ (ce qui est généralement le cas sous nos climats) celles-ci sont entraînées et remplacées progressivement par des ions H^+ . Dans le même temps, le taux de saturation* et le pH

s'abaissent, le sol brun passe du stade eutrophe au stade mésotrophe (taux de saturation moyen, pH légèrement acide), puis oligotrophe ou acide ($S/T < 40\%$ pour un $pH < 5,5$ en (B).

L'acidification est favorisée par tous les facteurs qui freinent la transformation de la matière organique: altitude et froid, litières des résineux à C/N élevé. En milieu acide, les ions Al^{+++} flocculent les particules argileuses, et lorsque celles-ci sont peu nombreuses (sols sableux sur molasse gréseuse) le sol reste au stade brun acide (voir Ph. DUCHAUFOR, 1977, p. 296).

F Bilan granulométrique et lessivage

Un paramètre important du bilan granulométrique est le rapport des taux d'argile dans les horizons B et A. L'hétérogénéité granulométrique des matériaux parentaux peut être l'explication d'une variation du taux d'argile entre les divers horizons.

Dans les dépôts glaciaires les pourcentages de calcaire, granito-gneiss, schistes et quartz varient dans une large mesure; l'altération de ces mélanges donne naissance à des quantités variables d'argile (figure 12). Le phénomène de lessivage contribue à enrichir l'horizon B en argile. Ce phénomène intervient lorsque le complexe absorbant* est relativement désaturé, ce qui rend instable le complexe argilo-humique.

Dans ce cas, l'argile et le fer sont libérés et tendent à migrer vers la profondeur. L'observation de revêtements de particules argileuses déposées sur les agrégats de l'horizon B est le seul critère sûr permettant d'identifier les sols lessivés.

En terrain cultivé, la reconnaissance du sol brun lessivé n'est pas facile, car la plupart des sols labourés ne présentent plus d'horizon éluvial facilement identifiable par sa couleur claire; en effet, l'horizon cultural est un mélange de A_1 , A_2 et B. D'autre part, bien des horizons B sont plus

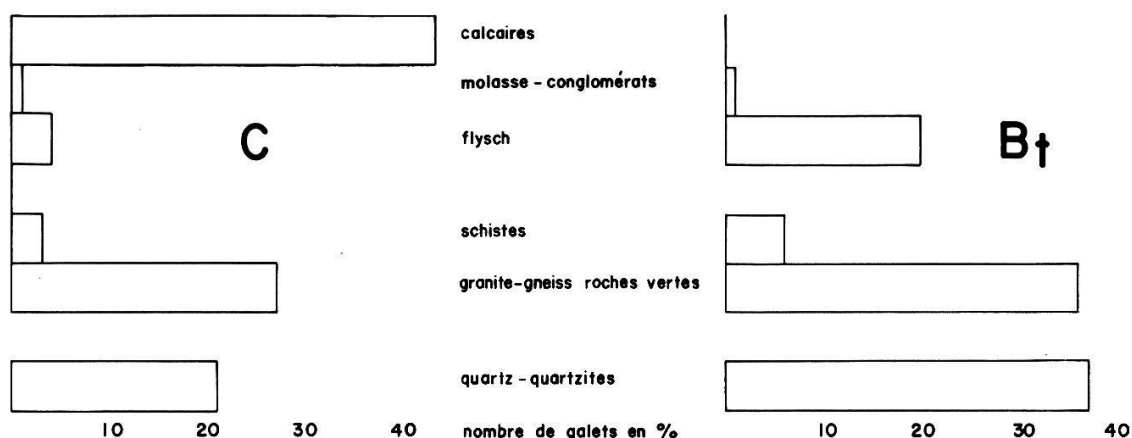


Fig. 12. - Histogrammes des galets de différentes roches dans les horizons C et B d'un sol lessivé sur fluvioglaciaire à Corcelles - Concise.

argileux que l'horizon de surface, simplement parce que le substrat est plus lourd dès l'origine (sur molasse marneuse et moraine de fond en particulier).

Dans la pratique, c'est finalement l'altération déjà poussée des différentes espèces pétrographiques qui, jointe aux autres caractères (accroissement d'argile avec la profondeur, couleur plus intense, présence de revêtements argileux sur les mottes des sillons profonds), permet l'identification la plus immédiate du sol brun lessivé. Dans ces sols, les schistes sont plus ou moins pourris, les granites s'effritent parfois, les flyschs sont auréolés d'oxyde ferrique, d'autres roches sont cariées.

G Hydromorphie.*

Sur les matériaux peu perméables (moraine de fond et colluvions limono-argileuses) le drainage ralenti provoque par déficience en oxygène une réduction des oxydes de fer, ainsi qu'un ralentissement de la décomposition de la matière organique. Lorsque l'engorgement est temporaire, une partie du fer se réoxyde en nodules et en taches de couleur rouille pendant les périodes sèches: c'est le stade du pseudogley; si la nappe d'eau reste en permanence proche de la surface du sol, le fer reste en majeure partie à l'état réduit de couleur grisâtre ou verdâtre: c'est un gley*. S'il reste encore quelques taches de couleur rouille dans ce dernier, on parle de gley oxydé.

L'épaisseur du placage de moraine de fond a une influence prépondérante sur la diminution du drainage. La nature des autres substrats a moins d'influence. La moraine de fond est un matériau très compact tandis que la molasse, même marneuse, est mieux structurée (structure cubique et nuciforme). La moraine de fond est, dans la plupart des cas, saturée d'eau, tandis que la molasse est plutôt avide d'eau et la restitue bien mieux que la moraine. La très faible macroporosité qui en résulte dans la moraine de fond est à l'origine d'une hydromorphie primaire.

L'hydromorphie est un phénomène qui peut s'ajouter à la brunification et au lessivage. Seuls les sols dans lesquels l'hydromorphie est le phénomène dominant seront appelés sols hydromorphes. Les sols intergrades brunifiés-hydromorphes sont très fréquents dans le canton.

H Effets combinés de la topographie et du bilan climatique sur l'évolution des sols.

L'évolution du sol procède surtout par hydrolyse, laquelle permet l'entraînement des bases. Son intensité dépend du drainage. Il faut distinguer le drainage topographique du drainage climatique.

1. Le drainage topographique

Il dépend de la pente et de la perméabilité du sol; ses deux composantes sont le drainage externe (ruissellement) et le drainage interne (infiltration). Le drainage externe augmente avec la pente et en raison inverse de la perméabilité du sol. Son augmentation freine l'évolution du sol par érosion. Sur roche-mère perméable (fluvioglaciaire) il faut une pente plus forte que sur roche-mère peu perméable (moraine de fond) pour empêcher l'évolution du sol. Ceci explique pourquoi, sur pente moyenne, on observe plus souvent des sols brunifiés sur fluvioglaciaire que sur moraine de fond et, sur pente faible, des sols bruns calciques sur moraine de fond, alors que pour une même valeur de pente, on rencontre un sol lessivé sur fluvioglaciaire (figure 13). Dans les creux topographiques, les flux d'eau du drainage externe d'amont viennent grossir le drainage interne à travers les matériaux perméables comme le fluvioglaciaire. C'est donc dans cette position qu'on rencontre les sols lessivés les plus épais sur le fluvioglaciaire. En revanche, sur la moraine de fond imperméable, l'infiltration est trop lente pour entraîner la décarbonatation, même si les sols d'amont sont acides; ainsi, les sols des cuvettes sont hydromorphes et restent calciques.

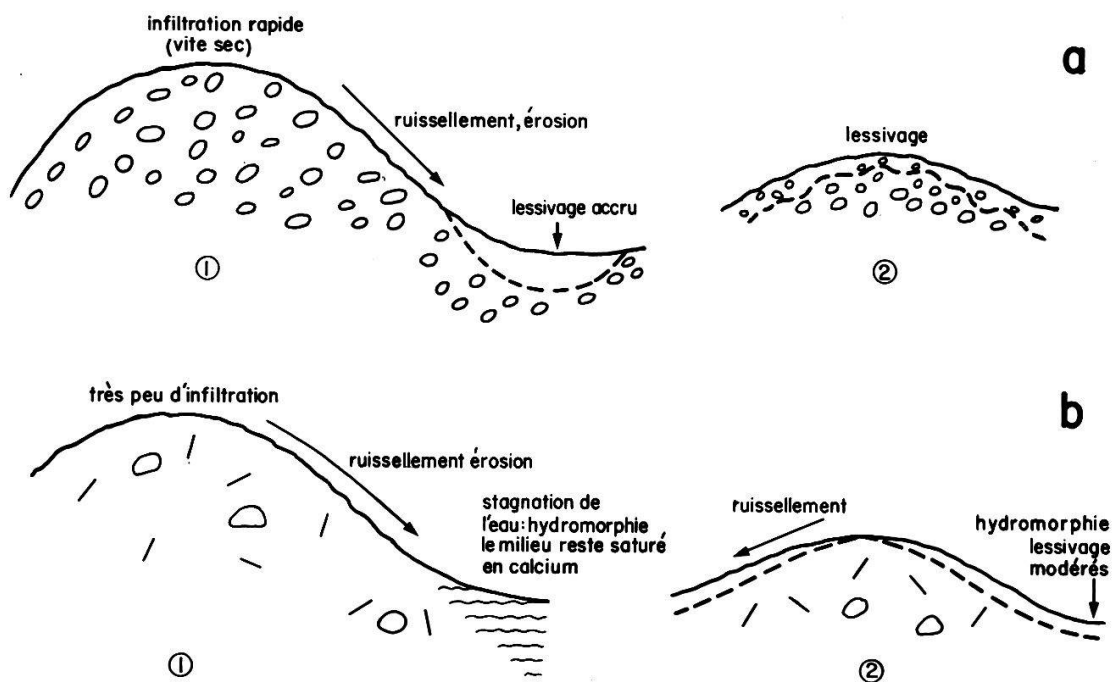


Fig. 13. – Influence du relief sur l'évolution du sol en milieu perméable, (a: fluvioglaciaire) et en milieu peu perméable (b: moraine de fond)

1. butte à fort relief
2. butte à relief moins marqué
- limite de décarbonatation

2. Le drainage climatique

Il est égal à la somme des précipitations moins l'évapotranspiration de la végétation. Sur le plateau vaudois, il augmente en direction de l'Est. En position horizontale, le drainage topographique est égal au drainage climatique, mais l'infiltration étant plus rapide sur les matériaux très perméables, l'évapotrans-

piration épuise plus rapidement la réserve en eau. Ce facteur freine l'approfondissement du sol: le sol lessivé est moins épais dans les endroits les plus secs. A plat, sur roche-mère carbonatée peu perméable, le sol est d'autant moins profond et décarbonaté que l'évapotranspiration est plus élevée: sol brun calcique à pseudogley sur moraine de fond dans la partie occidentale du Plateau et sol brun à pseudogley plus à l'Est. L'augmentation des précipitations entraîne l'approfondissement des sols suffisamment perméables; elle accroît les signes d'hydromorphie dans les sols peu perméables.

II DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS

Pour permettre les comparaisons nous donnons ici la traduction des principaux types de sols selon la terminologie allemande (MÜCKENHAUSEN, 1965), cette dernière servant de modèle à la classification suisse en voie d'élaboration (E. FREI, 1974-1975).

Pararendzinaartiger Auenboden	Sols alluviaux calcimorphes
Rendzina	rendzine sur calcaire dur
Pararendzina	rendzine sur dépôts molassiques et glaciaires
Verbraunte (Para) rendzina	rendzine brunifiée
Kalkbraunerde	sol brun calcaire
Basenreiche Braunerde	sol brun eutrophe
Mittelbasische Braunerde	sol brun
Tiefhumose Braunerde	sol brun profondément humifère
Saure Braunerde	sol brun acide
Pseudogley – Braunerde	sol brun à pseudogley
Parabraunerde	sol brun lessivé
Rötliche Parabraunerde	sol lessivé rubéfié
Pseudogley – Parabraunerde	sol brun lessivé à pseudogley
Fahlerde	sol lessivé
Braunerde – gley	gley brunifié
Kalkanmoorgley	gley à anmoor calcique
Nassgley	gley non drainé
Torfboden	sol tourbeux

A Sols presque bruts à profil (A) R ou (A) C

- Ce sont des sols d'érosion qui occupent de faibles surfaces
- les lithosols se trouvent à plat ou en pente, dans les endroits extrêmement secs au pied du Jura, sur lapiez dénudés ou sur des pierriers lorsque le calcaire est gélif (figure 37, p. 155);
 - sur les pentes fortes des ravins humides, ce sont des régosols sur moraine ou molasse désagrégée; la couverture humifère est entraînée par ruissellement surtout lors de la fonte des neiges.

B Sols faiblement évolués, sans horizon B

On peut distinguer les sols où la matière organique est prépondérante de ceux où matière organique et matière minérale forment des complexes, également ceux qui sont calcaires de ceux qui sont acidifiés bien qu'étant sur une roche-mère calcaire. Il faut rester conscient qu'il existe tous les états intermédiaires et que ceux-ci sont très répandus dans les conditions climatiques et géologiques qui sont celles de notre terrain, de même qu'on rencontre fréquemment des intergrades avec les sols brunifiés par début de formation d'un horizon (B) ou par destruction d'un ancien (B) peu épais.

1. Sols faiblement évolués riches en humus, à profil O-R ou O-C

– sols lithocalciques humifères et humocalcaires à humocalciques sur calcaire: on les trouve sous forêt, au pied du Jura dans les lapiez; le premier est un coussin d'humus sur dalle calcaire peu fragmentée, les autres se composent d'humus noir entre des cailloux sur dalle très fragmentée ou sur éboulis calcaire. Le pH du lithocalcique est compris entre 6,6 et 7; dans les sols humocalciques à calcaires il augmente avec le degré de fragmentation du calcaire; la teneur en matière organique est supérieure à 20% d'après la définition de ces sols (CPCS 1967).

2. Sols rendocalcaires et rendocalciques, à profil A-C ou A-R*

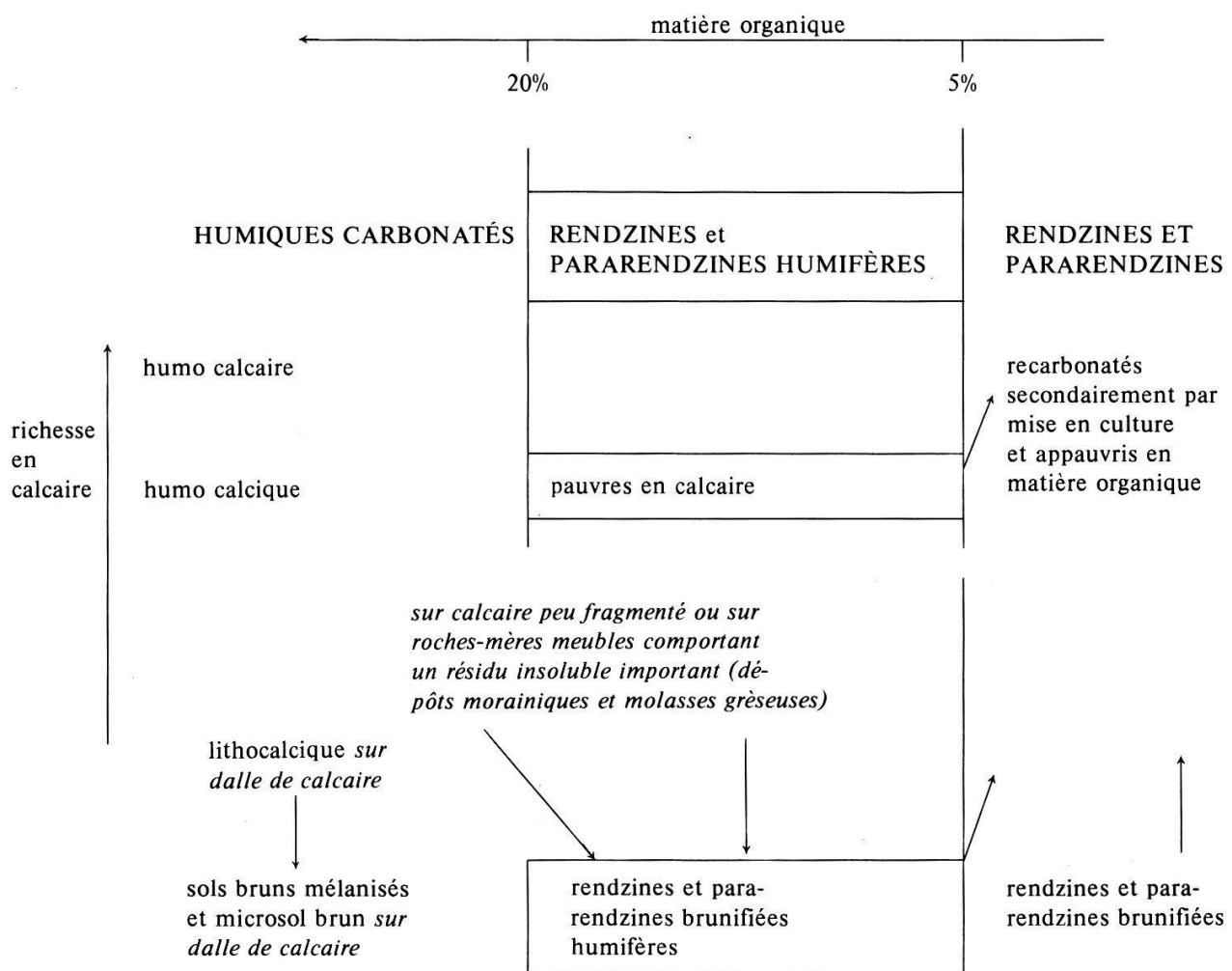
Les rendzines typiques sont rares. On rencontre surtout des sols intergrades entre les rendzines et les sols humocalcaires ou humocalciques, d'origine primaire ou secondaire, sur toutes sortes de roches-mères: grès molassiques, graviers fluvioglaciaires, moraine, calcaire crétacé.

Le mot rendzine est d'origine polonaise, il évoque le bruit que fait la charrue sur les cailloux dans une terre peu profonde. Le contenu du terme peut être étendu à tous les sols superficiels sur roche-mère calcaire, y compris les marnes et les dépôts riches en sable (grès molassique, fluvioglaciaire, dépôts morainiques: il s'agit dans ce cas de pararendzines au sens de W. KUBIENA et E. MÜCKENHAUSEN).

Les rendzines typiques sont caractérisées par un horizon organo-minéral grumeleux et leur richesse en carbonates; mais les sols à profil A-C ou R du pied du Jura ont tendance à être plus pauvres en carbonates et en complexes argilo-humiques que les rendzines typiques et pas assez riches en humus pour être classés dans les sols humiques. Leur teneur en matière organique est souvent comprise entre 5 et 15%; certains sont légèrement acides (rendocalciques), d'autres sont encore carbonatés (rendocalcaires). Dans la classification française se sont des rendzines humifères pauvres en calcaire. Ces sols peuvent se rencontrer aussi bien sur calcaire crétacé que sur buttes morainiques et molassiques, sous bois

et sous pelouse xérophile. Le maintien à ce stade peu évolué a diverses causes: pente forte et drainage rapide sur fluvioglaciaire et molasse, manque de fragmentation de la roche et sécheresse sur calcaire.

CLASSIFICATION DES SOLS FAIBLEMENT ÉVOLUÉS DU PIED DU JURA ET DU PLATEAU MOLASSIQUE
(sols rendocalcaires et rendocalciques)



N.B.: les types de sols les plus répandus ont été entourés

a) Sur calcaire peu fragmenté en faible pente, sous chênaie, les horizons A₁ ont un C/N variable, ce sont des profils rendocalciques d'environ 15 cm.

Exemples:	Horizon	Matière organique %	C/N	pH
Ferreyres	A ₁	12	29	6,7
Mormont	A ₁	11	10	7,2

b) Sur calcaire bien fragmenté, en pente, on trouve des sols rendocalcaires occupés par la chênaie buissonnante; ils forment des mosaïques avec des rendzines brunifiées.

Exemple d'Eclépens, sol de 30 cm

Horizons	Matière organique %	C/N	calcaire %
A ₁₁	25	19	26
A ₁₂	6	12.2	68

c) Sur dalle calcaire subhorizontale, ou en pente occupée par la prairie (bromaie), le sol n'est même plus caillouteux; il n'a de commun avec les sols rendocalciques que sa faible épaisseur; il se développe dans une pellicule limoneuse ou argileuse à tendance acide (plages de callune). Ces sols passent très vite en s'épaississant à des sols bruns ou bruns calciques humifères peu épais, qui, sous prairie, sont à rapprocher des sols isohumiques* (figure 22, p. 129).

Exemples: Deux sols voisins de 20 cm d'épaisseur à Juriens

Horizons	Matière organique %	C/N	Calcaire %	pH
A ₁	11,6	10	22	7,7
A ₁	9	10	2	7,5

d) Sur fluvioglaciaire de retrait, les sols rendocalciques occupent le sommet des buttes graveleuses à matériel mixte d'origine jurassienne dominante (60% de galets de calcaires jurassiens). L'horizon A est particulière à grumeleux et ressemble à un mullmoder* sous chênaie; sous pinède, c'est un xéromoder.

Le broyage mécanique des échantillons ne permet pas d'enlever toutes les racines vivantes; ceci peut expliquer les valeurs de C/N trop élevées obtenues dans certains mull forestiers.

e) Sur l'ensemble des roches-mères, on peut dire qu'à la gamme des «rendzines» appauvries en calcaire des terrains boisés correspond, en terre cultivée, une gamme équivalente de «rendzines» d'érosion, moins humifère, et d'origine secondaire.

Le labour fragmente le calcaire ou remonte les matériaux meubles carbonatés qu'il brasse avec l'humus. Ceci a pour effet de recarbonater la terre, même d'un sol auparavant déjà bien plus évolué et brunifié mais peu épais; on parle alors de rendzines de culture. En règle générale, plus l'érosion agricole est prononcée et moins il a suffi d'un relief marqué pour rétrograder vers ce type de sol. Dans ce cas, les propriétés du sol cultivé se rapprochent de celles de la roche-mère, améliorée par un peu de matière organique. La teneur en calcaire est donc très variable (cf roches-mères), les propriétés physiques aussi. La compacité est très défavorable si le sol a moins de 40 cm d'épaisseur; c'est le cas des pararendzines sur moraine de fond qui sont alors plutôt des intergrades avec les sols bruns calcaires. Cet inconvénient s'atténue lorsque la tranche de moraine de fond remaniée augmente.
















Les rendzines de culture se rencontrent au sommet des reliefs convexes (souvent des drumlins); mais plus on progresse vers l'Est, soit à partir du domaine

Aquitaniens, et plus les sols carbonatés sont relégués dans des positions d'érosion plus forte. La teneur en carbonates est parfois très élevée dans la région d'Orbe avec des pH qui atteignent 7,9 en surface sur molasse. Le taux de calcaire actif (finement divisé) est positivement lié à l'abondance de la fraction limon fin (P. ROD, 1974). Ce sont donc les marnes stampiennes qui en contiennent le plus et dans les dépôts morainiques, c'est la moraine de fond sur le Stampien :

Horizons C	% calcaire total	% calcaire actif	% argile + limon	pH
molasses marneuses du Stampien (Arnex/Orbe, Penthéraz, Oulens)	22 à 80%	7 à 13%	≥ 60%	8 à 8,6
moraine de fond (Vuarrens, Bioley-Orjulaz)	21 et 23%	7 et 8%	70 et 59%	8 et 8,5
moraine graveleuse (Echallens, Oulens)	21 et 22%	3 et 4%	22 et 27,5%	8,2 et 8,3
fluvioglaciaire (Bioley-Orjulaz)	21%	1%	1%	8,7

La teneur en matière organique des rendzines de culture varie de 2 à 7% en Ap*; dans les sols bruns calcaires, elle n'atteint pas des valeurs aussi élevées. Les rendzines occupant souvent les pentes fortes, elles sont plus fréquemment laissées en prairie, ce qui explique les teneurs ≥ 5% en matière organique (figure 44, p. 159).

Fig. 14. – Légende des profils de sols

	litière organique		gley: fer ferreux dominant
	matière organique peu décomposée		forte structuration prismatique
	matière organique humifiée		roche-mère en cours d'altération
	carbonate de calcium		roche-mère = calcaire dur non altéré
	argile avec oxyde de fer absorbé		nodules carbonatés
	horizon lessivé limoneux		galets cristallins alpins
	accumulation de fer ferrique hydraté		galets de calcaire
	taches localisées de fer ferrique/nodules		

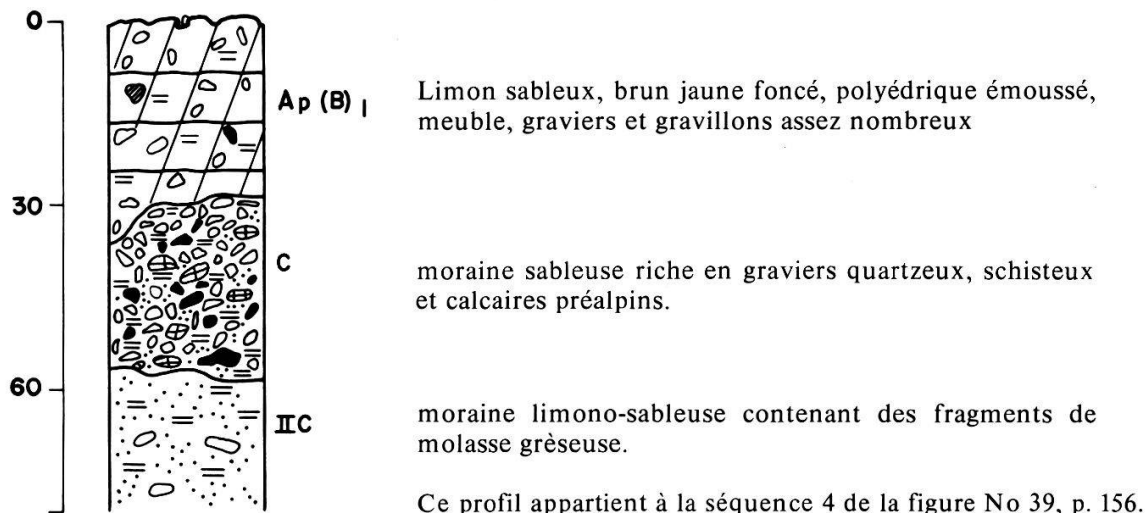
* voir en annexe la nomenclature des horizons p. 180.

Fig. 15. – SOL RENDOCALCAIRE BRUNIFIÉ D'ÉROSION SUR MORAINÉ GRAVELEUSE SUPERFICIELLE: Echallens, «Le Verger»

Altitude 610 m coord. 537,6 x 165,6

Culture de colza

Topographie: rebord de vallon



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	IG	S	MO. %	C	N	C/N		
0.30	Ap	7,5	20	14	54,5	3,9	2,3	0,28	8,2	7,7	4,5
50	C	2,5	8	11,5	78	0,2				8,2	22
100	IIC	5	20,5	28	46,5	0,05				8,4	21

3. Sols faiblement évolués alluviaux et colluviaux

Ce sont des sols sableux d'apport récent à horizon A₁ noirâtre, grumeleux parfois épais, d'âge historique comme en témoignent quelques vestiges archéologiques roulés (débris de poteries romaines ou moyenâgeuses). La plupart sont calcimorphes et de ce fait pourraient être assimilés aux pararendzines; mais, dans le massif du Jorat, les alluvions ne sont pas toujours carbonatées, parce qu'elles dérivent de l'érosion de grès molasiques déjà décarbonatés dans les premiers décimètres. Il est remarquable que, malgré l'âge récent de ces alluvions, on les rencontre parfois déjà sous forme de terrasse soulignée d'un lit de galets à la base. Située parfois à 3 m au-dessus du niveau des cours d'eau actuels (vallée du Talent et de la Mentue), elle témoigne de la vigueur de l'érosion dans les temps modernes. A ces sols, on peut rattacher quelques colluvions sableuses au pied des falaises molassiques dont l'âge est variable (mésolithique à actuel).

*C Sols à début d'évolution par approfondissement: à horizon (B)
de structure*

Sols bruns calcaires à calciques

Il s'agit de sols dont l'horizon (B) reste carbonaté mais en proportion très variable, déjà initialement parce que les roches-mères contiennent des teneurs variables en carbonates, ou parce qu'un début d'entraînement des carbonates a eu lieu et on s'achemine alors vers le stade brun calcique, ou saturé à pH neutre; bien des profils sont calciques en surface et calcaires à profondeur moyenne. Ces sols sont surtout bien représentés dans l'ouest du Canton qui correspond au domaine stampien et aux basses altitudes; là, ils se trouvent sur différents matériaux à texture plutôt lourde (silty-argileuse). Dans cette région occidentale, on peut les rencontrer dans toutes les positions topographiques; dans ce groupe de sols, ce sont les sols bruns calciques sur moraine qui sont les plus fréquents.

1. Sols bruns calcaires sur calcaire marneux crétacé

Ils sont très sporadiques au pied du Jura du fait de la très faible extension des affleurements de ce faciès de calcaire qui détermine des combes, empâtées de moraine: quelques champs à Ferreyres, Juriens, Chamblon. Leur teneur en calcaire est parfois faible; ils sont bien pourvus en matière organique (4% environ en Ap), assez argileux (25 à 30%) et plus ou moins contaminés par la moraine.

2. Sols bruns calcaires et calciques vertiques sur marnes molassiques et dépôts qui en dérivent (mélange molasso-morainique et colluvions).

Les molasses marneuses du Stampien inférieur affleurent aux basses altitudes vers 500 m dans les régions à climat doux autour de la Plaine de l'Orbe et près de Montreux. Elles alternent avec des grès tendres sur les pentes qu'elles rendent instables (topographie bosselée), mais elles déterminent également des surfaces très légèrement ondulées où elles donnent de fortes terres de culture. Le caractère vertique se traduit par une forte surstructuration prismatique; les faces des prismes sont luisantes à cause des frictions par compression lorsque le sol se gorge d'eau; il n'est pas seulement lié aux affleurements de marnes mais à tous les dépôts qui en dérivent: moraine de fond remaniée et colluvions sur substrat variable.

L'abondance relative des argiles gonflantes de type smectite dans ces molasses favorise ces mouvements d'expansion-retrait à cause de l'admission de films d'eau entre leurs feuillets.

Le mésoclimat doit être favorable à la dessiccation temporaire pour provoquer l'apparition de fentes dans le sol. Ces conditions sont, en particulier, réunies dans la région de Montreux, où l'on a une exposition

entraînant une forte évapotranspiration et dans la région d'Orbe, qui se trouve dans la zone du minimum régional des précipitations.

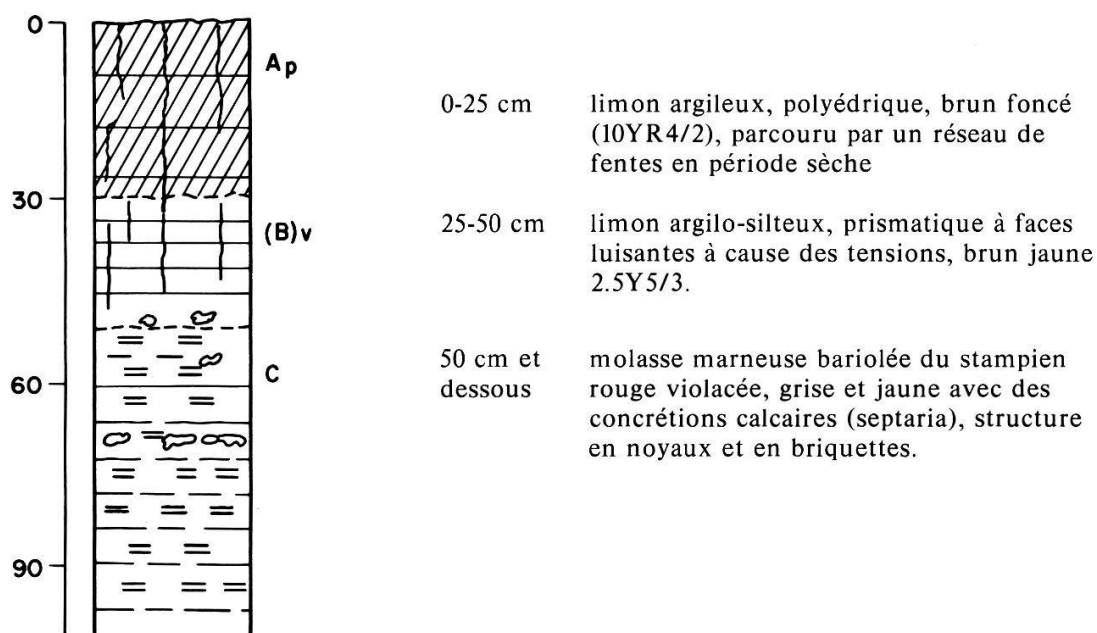
La granulométrie montre qu'il y a aussi un lien entre le caractère verticale* et l'abondance de limon surtout très fin, c'est-à-dire dans les dimensions proches des argiles. Les sols les plus typiquement vertiques sont ceux où l'on a un début de colluvionnement car, en plus des patines de tension, ils montrent une descente de matière organique depuis l'horizon ApB₁ dans les fentes, laquelle forme des revêtements autour des prismes (organo-siltanes*).

Fig. 16. - SOL BRUN CALCAIRE VERTIQUE SUR MOLASSE MARNEUSE: *Vuarrens «Pra Gru»*

altitude: 640 m coord.: 538,8 x 171,25

assolement à base de blé, orge d'hiver et betteraves

topographie: en bord de léger vallon d'érosion



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO.%	C	N	C/N		
0 - 25	Ap	28	46	0.5	21.9	3.98	2.31	0.29	7,9	7,4	traces
25 - 50	(B)	33	40,5	9,5	16,2	0,77	0,45	0,09	5	7,7	0,5
-60	C	0	60.5	20	19,3	0,15	0,09	0,03		8,2	16,5

La teneur en matière organique n'est pas plus élevée que dans les autres sols bruns calcaires ou calciques: 3 à 4% en Ap; en revanche, elle reste encore élevée en profondeur: 2% à 50 cm, 1% à 100 cm dans les variantes colluviales. Le drainage et l'épaisseur de ces sols sont variables, les cuvettes comblées de colluvions, et souvent aussi de moraine, voisinent avec les endroits secs où la molasse affleure à faible profondeur; c'est pourquoi on rencontre des intergrades avec les sols hydromorphes calciques humifères, et à l'autre extrême de la séquence, on passe à des sols bruns calcaires érodés où le seul caractère vertique est la présence de la structure à patines de glissement (figure 17).

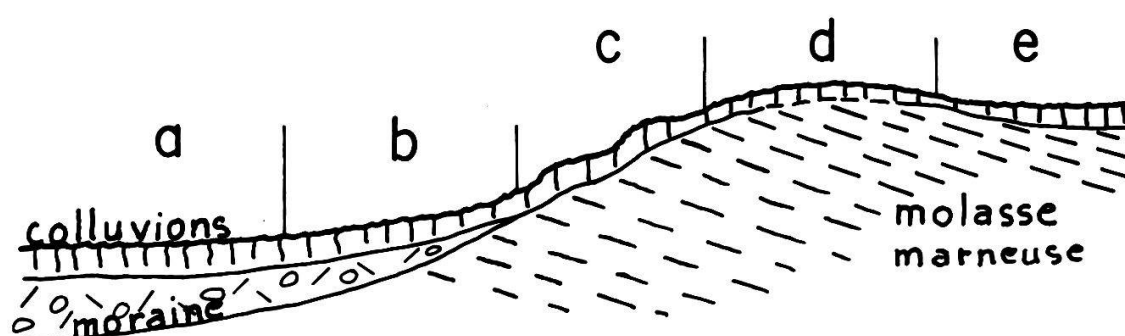


Fig. 17. – Chaîne de sols vertiques

- a) hydromorphe calcique humifère dans colluvions sur moraine
- b) brun calcique vertique hydromorphe dans colluvions
- c) brun calcaire ou calcique vertique sur pente instable
- d) brun calcaire vertique sur molasse
- e) brun calcique vertique sur molasse remaniée

3. Sols bruns calcaires et calciques sur dépôts morainiques et limons de remaniement qui en dérivent

Les sols bruns calcaires sur dépôts morainiques sont exceptionnels sous bois, aussi l'origine secondaire des bruns calcaires de culture est-elle très probable; c'est d'autant plus vraisemblable que certains possèdent la couleur des sols bruns plus évolués; ils ont été probablement recalifiés par brassage en raison de leur position à l'aval des pararendzines.

Sur moraine de fond silteuse, on trouve des sols bruns calcaires et bruns calciques à pseudogley modéré. Les premiers coïncident plutôt avec une moraine de fond érodée; les seconds avec la moraine de fond remaniée. Ces derniers passent aux sols hydromorphes, parfois aux vertiques humifères (figure 19). Ce sont des sols plutôt lourds et compacts, avec une structure à tendance prismatique d'autant mieux exprimée qu'ils sont plus épais. La matrice du sol montre une hétérogénéité héritée

de la moraine: taches oxydées, plages jaune clair, grisâtres désignant la place des amas de sédiments meubles de textures différentes incorporés dans la moraine (nodules de molasse). L'épaisseur de ces sols est moyenne: 50 à 80 cm.

Au pied du Jura, sur moraines indifférenciées d'origine alpine et jurassienne (régions d'Orbe et Burtigny) on trouve des sols bruns calcaires caillouteux, à structure polyédrique et texture limoneuse, à tendance argilo-sableuse; leur couleur est brun jaune.

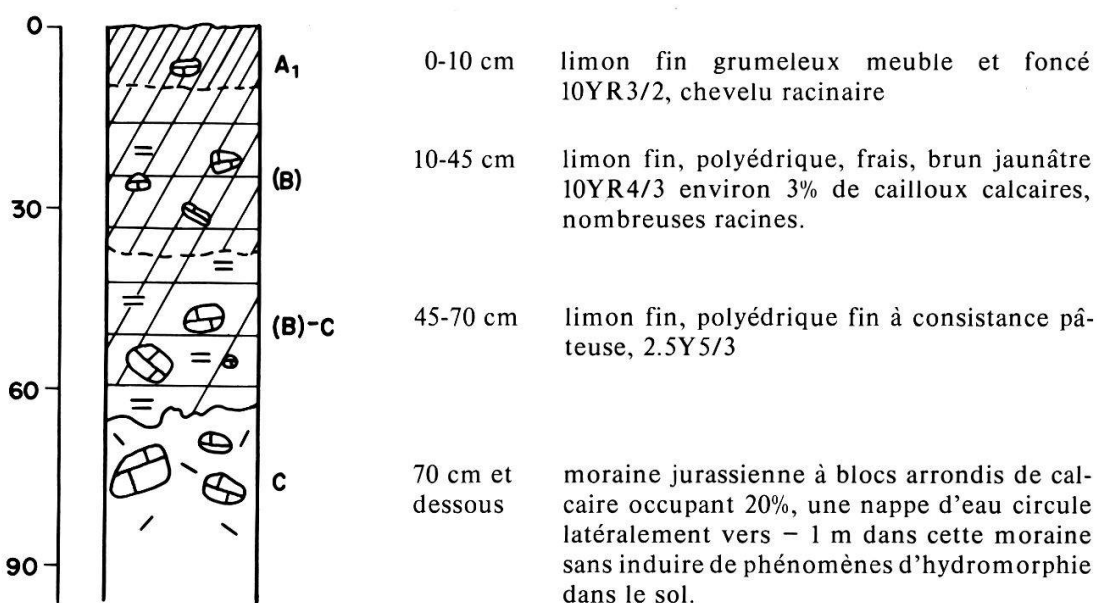
La teneur en carbonates des sols bruns calcaires sur moraine est dans les horizons labourés inférieure à 10% pour la moitié des cas ce qui montre déjà un entraînement partiel des carbonates (figure 9). Le taux de matière organique en Ap est généralement de 3 à 4%.

Fig. 18. – SOL BRUN CALCAIRE SUR MORAINES JURASSIENNES: *Le Muids, «Fin Delé»*

altitude: 670 m coord. 506,05 x 144.7

prairie à fromental

topographie: pente faible



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
5	A ₁	19.5	33.5	19	23	4,6	2,7	0,27	10	7,8	8
25	(B)	20	30	22	24	3,6	2,13	0,25	8,5	7,9	9,5
55	(B)-C	17,5	28	21	31,5	1,9	1,11	0,15		8	25

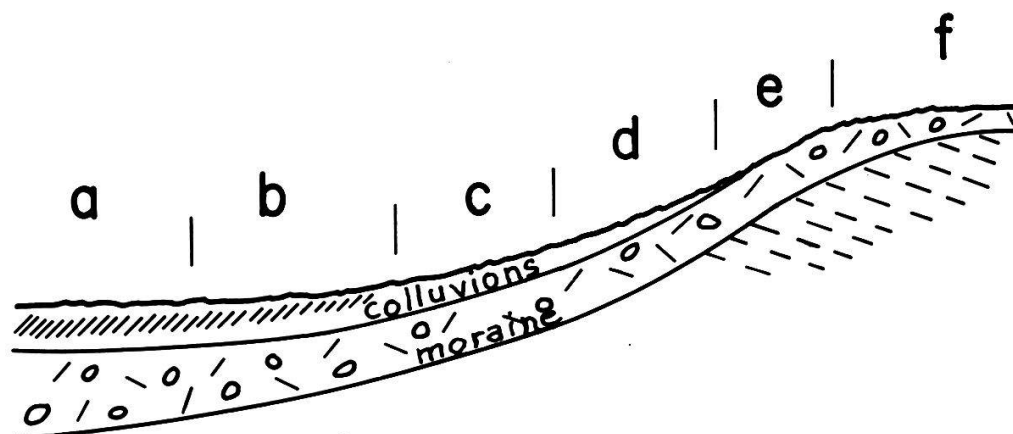


Fig. 19. - Chaîne de sols carbonatés sur moraine de fond

- a) pseudogley calcique humifère brunifié
- b) brun calcique humifère à pseudogley modéré
- c) brun calcique à pseudogley modéré
- d) brun calcique
- e) brun calcaire
- f) intergrade pararendzine - brun calcaire

4. Sols bruns calcaires alluviaux - colluviaux

Leur extension est limitée aux transitions entre les alluvions fines et grossières dans les plaines (Orbe, Broye, Rhône), entre les alluvions et les colluvions dans les vallées (Talent, Mentue... et leurs affluents par exemple). Résultant de la superposition de deux phases, ils possèdent un horizon B de structure parce que la partie supérieure est plus fine (fin de cycle alluvial ou colluvionnement sur alluvions); leur épaisseur est donc limitée à la profondeur d'apparition des facies grossiers (figure 20). Ils peuvent présenter une tendance au pseudogley ou à une

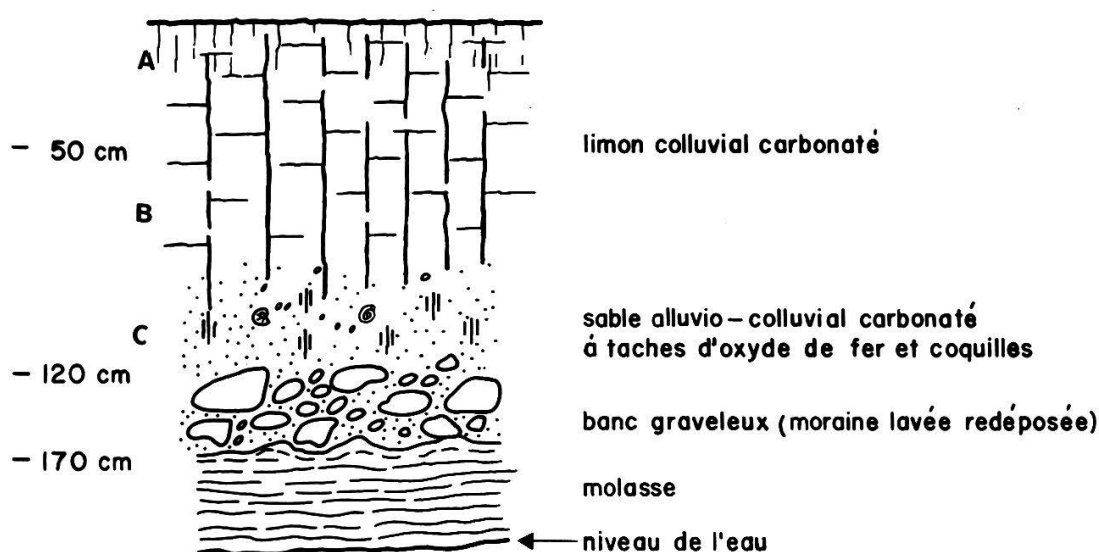


Fig. 20. - Coupe du ruisseau de Sadaz à Chavornay
(Sol brun calcaire alluvio-colluvial)

brunification plus avancée. Une variété particulière humifère, apparentée aux sols isohumiques (phaeozems) a été observée par HAEBERLI (1971), sur les cônes d'alluvions des affluents du Rhône, région du Canton parmi les plus continentales.

D Sols à début de brunification, à horizon (B) d'altération peu développé

1. Sols calciques brunifiés et bruns humifères sur calcaire crétacé

Sur les calcaires crétacés du pied du Jura, la dureté de la roche a freiné la décarbonatation du sol qui est peu épais, le résidu insoluble du calcaire est faible (0,05 à 8%) et essentiellement argileux (M. POCHON, 1978).

Comme nous l'avons évoqué à propos des rapports entre sols et roches-mères la brunification sur calcaire dur au pied du Jura a été facilitée par la présence d'une pellicule morainique et peut-être aussi de limon éolien, ce qui a donné un sol plus épais que ce qui serait compatible avec un simple résidu de décarbonatation des calcaires correspondant à la durée de l'Holocène.

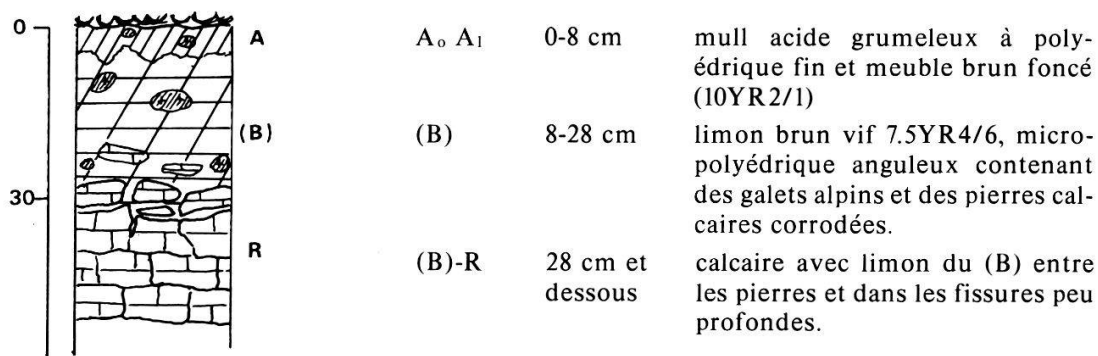
Ce sont des sols calciques à mésotrophes, leur pH est le plus souvent compris entre 5,8 et 7, mais il peut être plus acide en (B) bien que restant proche de la neutralité en A, à cause de la remontée biologique des cations. La texture est silteuse avec une couleur caractéristique de la

Fig. 21. - SOL BRUN SUPERFICIEL SUR CALCAIRE CRÉTACÉ DIACLASÉ: Croy, «Le Grand Chaney»

altitude: 650 mm coord.: 527.03 x 170

végétation: chênaie mixte à gaillet des bois

topographie: karst glaciaire, pente faible au-dessus des gorges du Nozon



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
0 - 8	A ₁	19	23	17	40	7,7	4,5	0,31	14,5	5,2	
10 -25	(B)	23	18,5	13,5	41	3,4	1,98	0,14	14,1	6,8	

«terra fusca»: brun chocolat (7.5 YR* foncé) tirant parfois sur le brun rouge (5YR)*. Leur épaisseur varie de 10 à 50 cm. La structure est finement grumeleuse à finement polyédrique lorsqu'il y a assez d'argile. La charge en pierres calcaires s'accroît vers le bas et celles-ci présentent des pellicules d'arrachement de calcite adhérent à un enrobement d'argile brune de décalcification qui subit un retrait en période sèche montrant que la corrosion est active.

– Sous bois, la teneur en matière organique est voisine de 10% en A et 5% en (B). Ce sont les sols bruns mélanisés (DUCHAUFOR, 1977). Ces sols sont occupés par une chênaie rabougrie avec de nombreux buissons thermophiles. Les sols de ce groupe se rencontrent en mosaïque avec les lapiez, voisinant des inclusions de sols lessivés dans les dolines.

– Sous prairie sèche (bromaie submontagnarde à avoine dorée vers 750 m) on trouve un sol calcique très peu caillouteux de 20-30 cm, sur dalle, contenant près de 10% d'humus dans toute son épaisseur, avec un C/N de 10; c'est l'horizon mollique* de la classification américaine. L'humus est incorporé à la matière minérale au point que l'horizon (B) paraît caché. Ce même sol une fois labouré se brunifie et l'horizon (B) apparaît nettement. (Premier, Juriens). Il s'agit donc d'un équilibre fragile, lié au microclimat de la station, et d'un sol de transition puisque, dès que la couverture morainique s'épaissit sur le calcaire, on passe à un sol brun calcique mélanisé. On est ici très proche du seuil écologique des sols isohumiques.

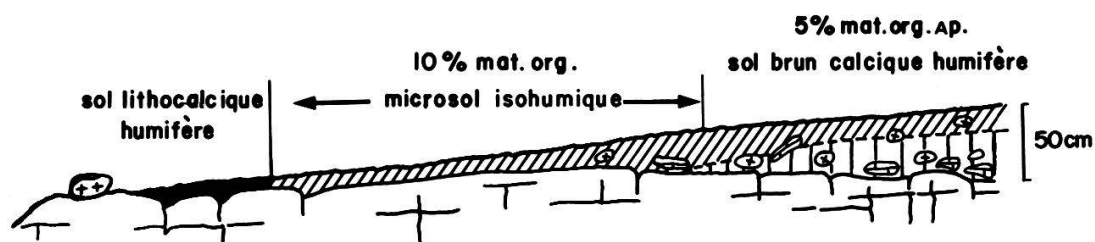


Fig. 22. – Séquence sur calcaire dur, sous prairie submontagnarde

2. Sols rouges peu épais sur calcaire crétacé

Sur calcaire affleurant on passe parfois rapidement d'un sol brunifié superficiel à un sol brun rouge 5 YR peu épais (20 à 30 cm) plutôt plus argileux et plus acide, contenant quelques cailloux morainiques. Ces sols occupent de faibles étendues dans les bois de La Sarraz, Champagne et Onnens, où ils sont colonisés par une chênaie buissonnante, à espèces subméditerranéennes.

La couleur de ces sols est plus rouge que celle du simple résidu de décarbonatation des calcaires hauterivien et valanginien. A la différence du sidérolithique qui existe en poches dans la même région, ils ne sont

pas riches en kaolinite. D'une façon plus générale, on remarque que la teneur en argile des sols sur calcaire se montre très variable, allant de 5 à 40%; elle augmente pour les tonalités de 7,5 à 5 YR. On se demande, pour expliquer de telles variations, si l'on ne devrait pas faire appel à des résidus d'une ancienne décarbonatation autre que le sidérolithique, ayant échappé par place à l'érosion glaciaire, et qui se retrouveraient, remaniés et dilués à différents degrés, avec la moraine peu épaisse?

Il est pour l'instant difficile de conclure parce qu'on ne retrouve pas cette terre rouge fossilisée par dessous la moraine et aussi parce que les sols possèdent les minéraux argileux de la moraine et du calcaire.

3. *Sols bruns calciques humifères sur matériaux mixtes au pied du Jura*

L'expression de «matériaux mixtes» désigne une moraine à galets fluvioglaciaires jurassiens et alpins mélangés, contenant une proportion variable de pierres de calcaire crétacé déchaussées, provenant d'affleurements voisins, avec de la terre d'altération de ces calcaires remaniés dans de la moraine peu épaisse, soit par colluvionnement, soit par brassage glaciaire ou agricole.

Ces sols possèdent une charge assez importante en cailloux parmi lesquels restent des galets calcaires. Leur couleur, acquise par altération, se rapproche du brun chocolat des sols calciques sur calcaire et leur texture est silteuse, à tendance silto-argileuse s'il s'y mélange une certaine proportion d'argile de décalcification du Crétacé. Leur structure est polyédrique fine. Leur épaisseur, voisine de 50 cm peut localement atteindre 1 m avec moins de cailloux en cas de colluvionnement. La teneur en humus de ces sols cultivés est assez élevée, de 3 à 7% en Ap, avec un C/N de 10, contre 3-4% dans des sols du Plateau comparables. Plusieurs éléments difficiles à pondérer peuvent entrer en ligne de compte pour l'expliquer:

- une plus forte proportion de prairies temporaires dans les terres assolées parce que la charge en cailloux limite les cultures sarclées
- l'effet de l'ambiance climatique plus sèche joint à l'état calcique du sol comme stabilisateur de l'humus.

L'effet de l'altitude renforce les précédents. On se trouve ici à l'étage submontagnard et la couleur plus sombre des sols cultivés apparaît nettement autour de 800 m (sols mélanisés). Ceci n'est pas le cas en sol acide dans le Jorat à cette altitude.

Dans la région de Premier, la Praz, ces sols occupent des replats en terrasses labourées entrecoupées de haies, ils sont associés à des bruns calcaires graveleux auxquels ils passent lorsque le dépôt fluvioglaciaire s'épaissit.

4. *Sols rendziniiformes brunifiés et sols bruns recalifiés*

Ce sont des sols de transition qu'on rencontre sur tout l'éventail des roches-mères. Leur origine peut être primaire, ou secondaire et régressive,

selon que le profil est en voie d'évolution ou d'érosion. Nous avons déjà signalé ce phénomène de régression des types de sols cultivés sur pente à propos des rendzines et sols bruns calcaires et il convient d'en faire rappel ici, car les stades de régression les plus courants sont des sols rendocalciques brunifiés et des sols recalcififiés. Cette interprétation de l'origine secondaire est justifiée par le fait qu'à pente égale, sous bois, on trouve des sols plus évolués sur même roche-mère. On a observé le cas extrême de pararendzines brunifiées, sur buttes graveleuses labourées, qui résultaient de la troncature de sols lessivés peu épais, en poches, dont la couleur, le degré d'altération et les revêtements étaient partiellement conservés; pourtant ils étaient carbonatés.

Du matériel calcaire peut être disséminé à partir d'une inclusion de rendzine (micro-bosse, talus) ou remonté dans les raies profondes de labour, ramenant des cailloux calcaires et un état calcique dans des sols auparavant bruns ou bruns lessivés.

On peut citer le cas, au pied du Jura, d'un sol lessivé sur fluvioglaciaire conservé entre des murs romains, enfoui par des colluvions calcaires et recarbonaté après l'époque romaine (site d'Orbe, Boscéaz) une fois la partie supérieure des murs arasée et l'endroit remis en labour. Ceci est surtout valable au pied du Jura et dans le domaine Stampien occidental, car plus on va vers l'Est et plus les sols carbonatés sont rares. Les rendzines brunifiées ont une épaisseur intermédiaire (autour de 30 cm), une structure polyédrique de (B).

E Sols bruns, à horizon (B) d'altération bien développé

Les sols bruns ont un profil assez uniforme, la texture et la couleur sont presque les mêmes en A et (B). On rencontre des sols bruns sur tous les matériaux géologiques présents. Ceux sur moraine indifférenciée, ou de fond, sont les plus répandus du fait de la plus grande extension de ces faciès. Ils représentent, avec les sols bruns lessivés, l'essentiel des terres cultivées. Leur épaisseur moyenne varie de 60 cm à 1 m; elle augmente en direction de l'Est, le substrat carbonaté apparaissant de moins en moins lors des sondages en allant vers le Jorat, car l'augmentation simultanée des précipitations et de la teneur en sable épaissit le sol. Ils occupent des positions topographiques intermédiaires entre les sols carbonatés et les sols bruns lessivés ou avec les sols hydromorphes. Un bon nombre de sols bruns sont restés à ce stade de leur évolution à cause d'une érosion ou d'un brassage modérés. La mise en culture de ces sols a masqué très souvent un début d'évolution vers le lessivage et l'acidification en malaxant les horizons supérieurs et en remontant le pH.

1. Sols bruns et bruns à pseudogley sur moraine

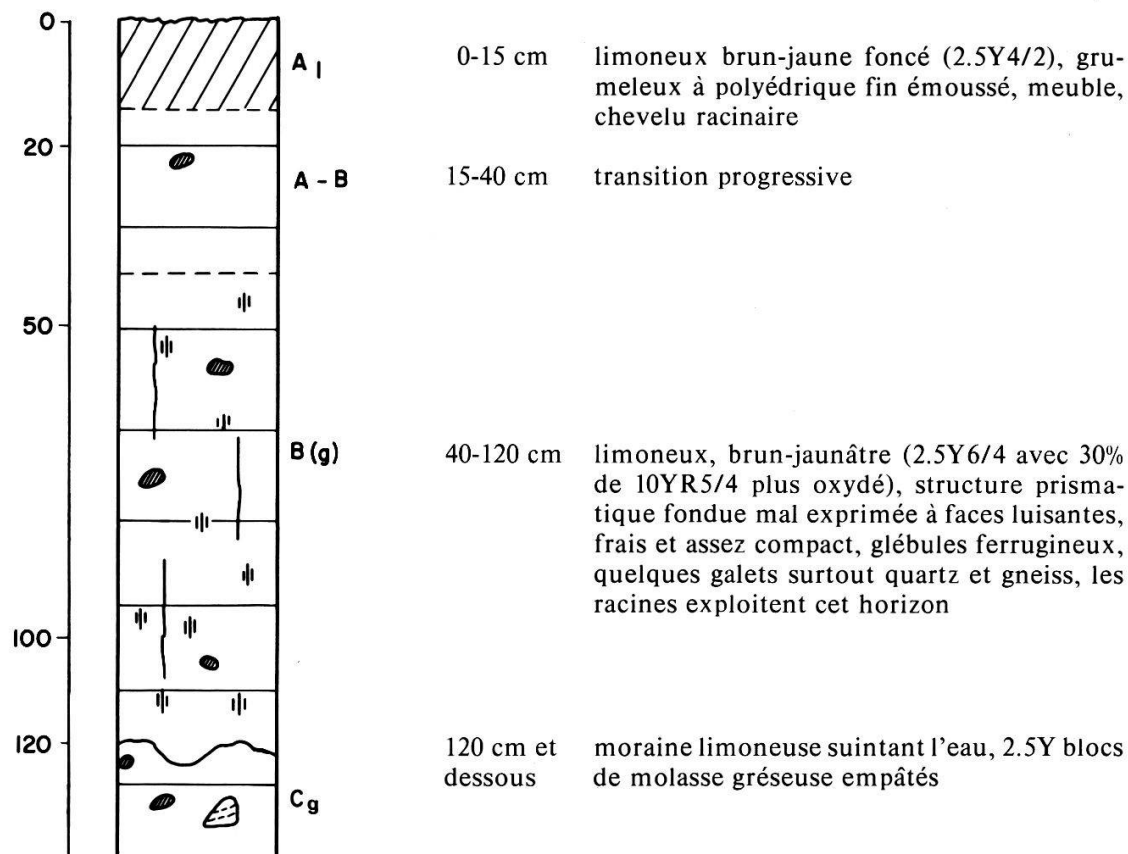
a) Sur moraine de fond, les sols bruns présentent des caractères d'hydromorphie: nodules de fer, taches de rouille dès une profondeur moyenne (50 cm). On remarque que ces signes d'hydromorphie s'étendent aux

Fig. 23. — SOL BRUN À PSEUDOGLEY MODÉRÉ SUR MORAINÉ RHODANIENNE; *Bercher*, «vers le village»

altitude: 630 m coord. 544,7 x 171,4

pâturage à ray grass

topographie: plat



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
10	A ₁	11	29	21	35	3,7	2,19	0,28	7,8	6,7	-
40	A-B	15,5	25	20	39	0,6	0,36	0,06	6	6,5	-
85	Bg	12,5	33	15,5	38,5	0,3	0,18	0,04		6,7	-
130	C	12	28	21	38,5	0,2	0,15	0,02		8,4	15

Horizon	densité apparente	Porosité totale	stabilité de structure S	Perméabilité K
A ₁	1,29	53	0,685	7,67
A-B	1,61	43	4,743	1,62
Bg	1,64	42	6,113	1,10

mélanges moraine de fond-molasse sur les étages Aquitanien et Burdigalien, ceci en dépit d'un certain allègement de la texture. Seuls les sols les plus en pente ou avec une part importante de cailloux alpins ne sont pas hydromorphes.

En micromorphologie, les horizons B(g) des sols bruns à pseudogley modéré présentent une absence de structure (figure 23). On observe quelques petits argillanes de cavité qui montrent bien que ces sols sont faiblement lessivés même si le taux d'argile varie peu de A vers B (figure 24).

b) Sur moraine graveleuse superficielle caillouteuse, faciès plus répandus en avant du Jura et au bord du Léman, la couleur du sol est d'un brun plus franc (au lieu de brun jaune sur moraine de fond), la structure devient polyédrique fine (au lieu de massive à tendance prismatique); mais ces sols sont souvent moins épais parce qu'en position d'érosion.

– La teneur en matière organique de sols bruns cultivés sur moraine varie de 2 à 5% dans l'horizon de surface, elle diminue rapidement en dessous: moins de 2% dès 40 cm, moins de 1% dès 60 cm.

2. Sols bruns acides sur molasse gréseuse et mélange moraino-molassique

Les sols bruns acides se rencontrent surtout en forêt dans le massif du Jorat, au-dessus de 700 m. Lorsqu'elle est présente à la base du profil, la molasse est décarbonatée sur une tranche d'épaisseur qui dépasse 50 cm; il est fréquent d'observer au sommet de cet horizon C des glébules* ferrugineux. Dans les profils contenant du limon, il y a une hydromorphie avec bandes ou auréoles d'oxydo-réduction à la base du (B). Ces sols bruns acides ont un humus de type mor sous pessière (pH<4), de type mull acide sous hêtraie. Sous forêt d'épicéas, on remarque la présence d'un horizon de couleur particulière («brun violacé, lie de vin»), sous le mor, qui est peut-être un horizon Bh peu épais. Il s'agit alors d'un sol brun ocreux (figure 25).

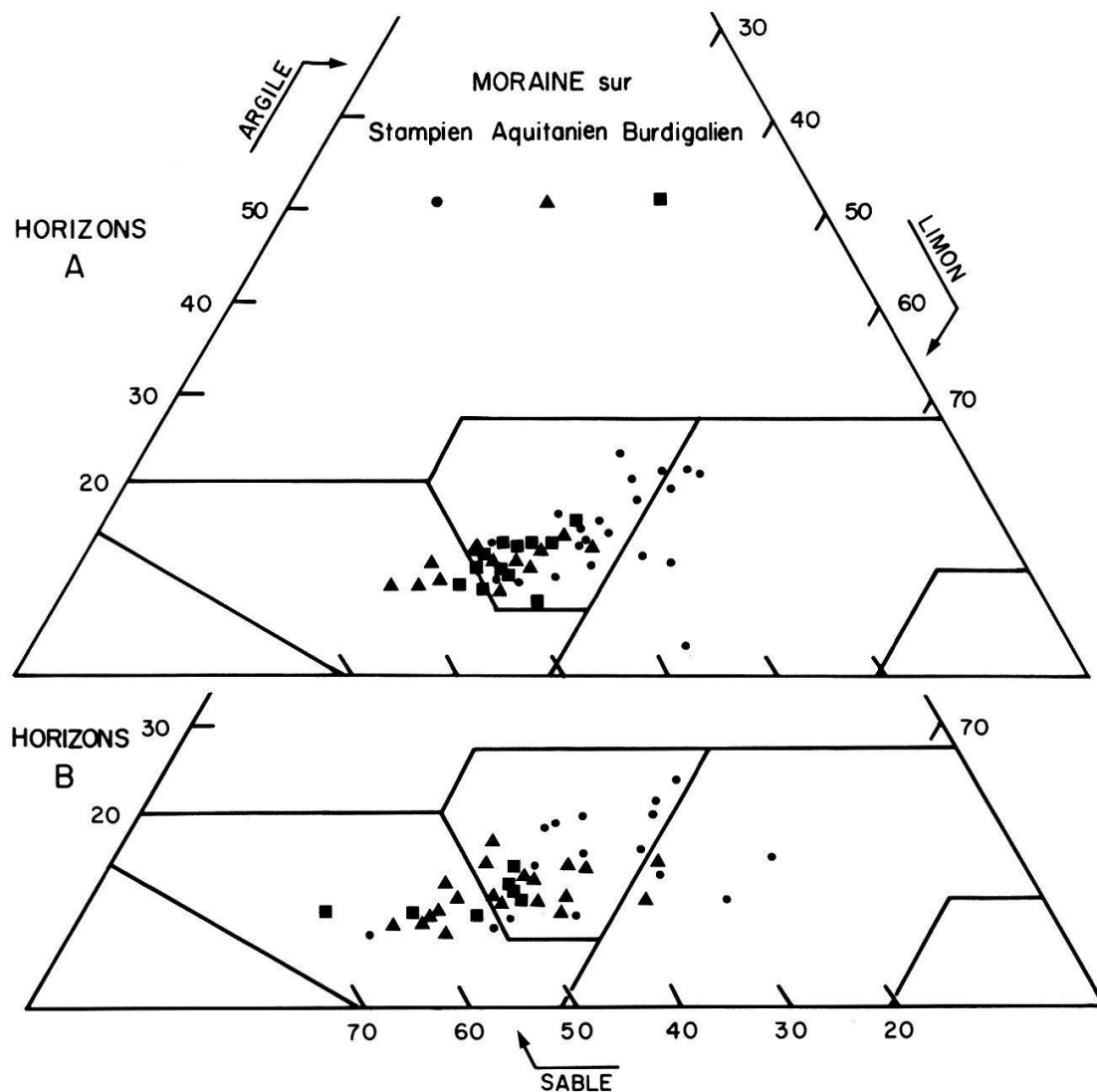


Fig. 24a. – Texture des horizons A et B des sols bruns sur moraine en fonction de l'étage molassique sur lequel elle se situe.

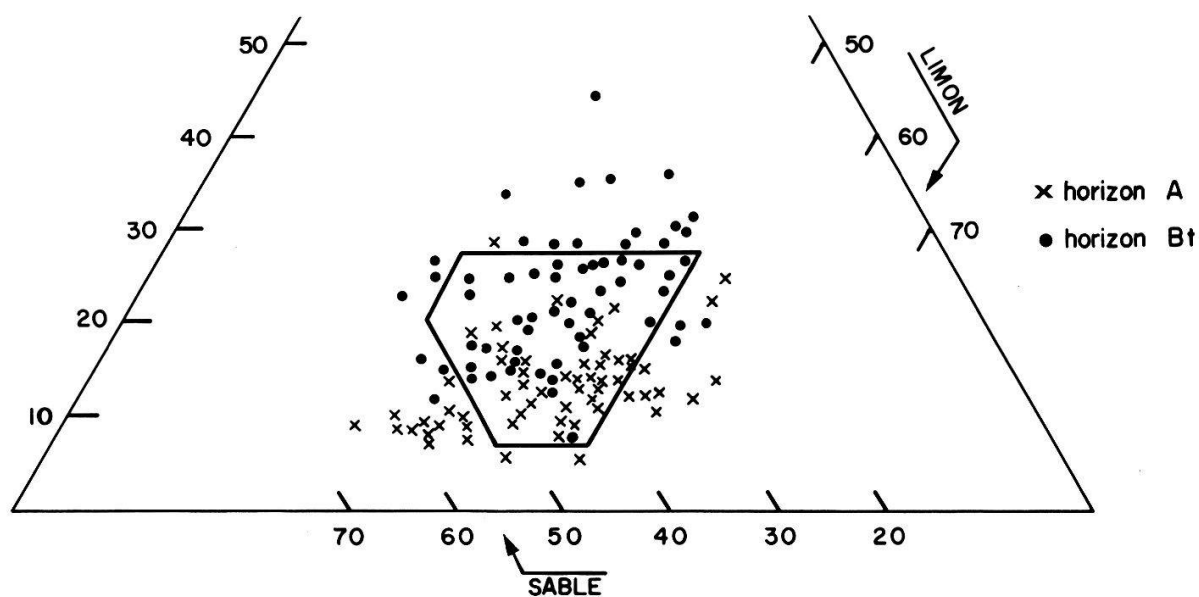


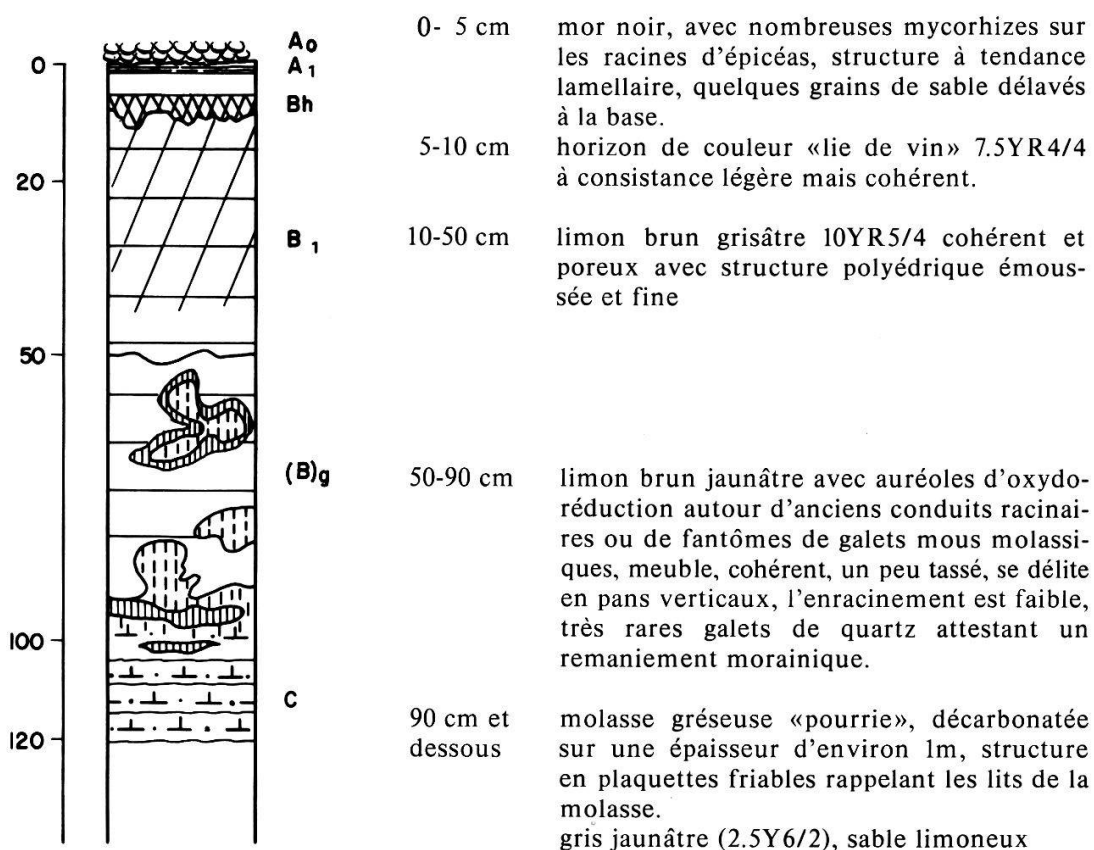
Fig. 24b. – Texture des horizons A et B des sols bruns lessivés sur moraine et mélange moraino-molassique

Fig. 25. – SOL BRUN OCREUX SUR MOLASSE GRÉSEUSE: *Peney-le-Jorat, «Les Gares»*

altitude: 905 m coord. 545,5 x 163,2

topographie: pente faible de colline

forêt d'épicéas avec tapis de myrtilles



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
3	A ₁					17,5	9,3	0,48	19,3	3,7	
8	B _h					9,1	4,86	0,38	12,7	3,8	
20	B ₁	14,5	15,5	33	35	2,4	1,32	0,12	11	4,5	
60	(B) _g	15,5	16	32,5	35	0,8	0,51	0,07	7,2	4,6	
110	C	5,5	12	45	37,5					5,2	

Cations échangeables m.e/100 g					taux de saturation S/T	densité apparente	Porosité totale	stabilité de structure S	Perméabilité K
Ca	Mg	K	Na	T					
5	0,72	0,36	0,15	55,1	11,3				
0,56	0,31	0,35	0,15	37	3,7	1,09	62	0,001	31,73
0,13	0,07	0,07	0,04	13	2,5	1,32	56	0,618	17,15
0,06	0,14	0,07	0,05	9,7	3,4	1,40	51	0,357	6,86
2,74	3,71	0,46	0,08	24,8	28,2				

Sous cultures, les sols bruns acides sablo-limoneux ont été plus ou moins resaturés par les engrais, d'où la difficulté de les reconnaître (pH entre 5 et 6 en Ap).

3. *Sols bruns colluviaux profondément humifères*

Les sols bruns colluviaux se reconnaissent souvent sur le terrain par les fragments enfouis de terre brûlée et de charbon de bois qu'ils contiennent; ils présentent plusieurs aspects selon leur granulométrie.

- Ils dérivent par érosion agricole et accumulation au pied des talus des autres sols brunifiés à texture limoneuse-limonosableuse et dans ce cas ils ont la même granulométrie que ceux-ci et s'en différencient très peu, sinon par leur épaisseur plus grande et une teneur à peine plus élevée en matière organique en profondeur;
- ou bien ils dérivent des colluvions de matériaux à texture fine – molasse marneuse et moraine de fond.

Sur colluvions molassiques, ce sont des sols bruns eutrophes vertiques, à horizon Bv humifère, épais et foncé (nuances 3/1 ou 3/2 du code MUNSELL) analogues aux bruns calciques vertiques sur marnes molassiques remaniées. Etant donné qu'il s'agit de colluvions, on retrouve parfois ces sols sur des substrats sans rapport avec la molasse qui affleure en amont.

A la surface de la moraine de fond, les colluvions ont souvent comblé de petits creux de quelque 10 à 30 m de diamètre. Ces sols-là font transition avec la classe des sols hydromorphes. Ils présentent un horizon de surface limoneux brun surmontant un horizon Bh foncé, (nuances 4/1 ou 4/2 du code MUNSELL), riche en matière organique, à structure prismatique bien développée et début de taches de pseudogley. La matière organique est plus uniformément répartie que dans les sols vertiques, bien qu'il existe, là encore, des intergrades. Cet horizon Bh surmonte avec une transition graduelle un Bg prismatique, fondu à la base. L'épaisseur des différents horizons varie selon la dimension de chaque cuvette comblée et la position du sol par rapport au centre de celle-ci. L'épaisseur de ces sols peut atteindre 1,5 m, mais leur profondeur utile est d'à peine 1 m.

Dans les cuvettes plus importantes, le sol est de type hydromorphe au centre.

Etant donné leur faible extension, il est souvent impossible de cartographier ces sols qu'on rencontre fréquemment.

F Sols lessivés, à horizon Bt enrichi en argile

C'est la perméabilité du substrat qui détermine le degré du lessivage. Les sols bruns lessivés à tendance hydromorphe sont les plus fréquents sur la moraine de fond remaniée et les mélanges moraino-molassiques, tandis que les sols lessivés sont limités aux matériaux les plus perméables

(fluvioglaciaire ou calcaire à faible profondeur sous la moraine). Ces sols se rencontrent surtout dans les zones subhorizontales; de ce fait, les sols bruns lessivés coïncident avec les plus grandes épaisseurs de placage morainique ou de limon de remaniement dans les séquences. Il arrive qu'on trouve des sols bruns lessivés ou lessivés sur pente, mais cela ne se produit à l'Ouest du Canton que sous couvert forestier où ces sols ont été protégés de l'érosion. A l'est, les sols étant plus épais, les bruns lessivés sur pente moyenne existent également sous culture (coteaux de la Broye).

1. Sols bruns lessivés sur moraine, mélange moraino-molassique et moraine remaniée

Les sols bruns lessivés ont un profil mal différencié. L'horizon A2 est un peu plus léger et à peine plus clair que l'horizon B (figure 24b) dans les terres cultivées- et la plupart des sols bruns lessivés ont été défrichés- cet horizon est confondu avec le labour qui, en le malaxant avec le sommet du B, atténue encore ses caractères. Le rapport des taux d'argile de B_t/A_p est compris entre 1,4 et 2, les valeurs les plus élevées étant à l'Ouest (domaine stampien); il est cependant la plupart du temps impossible de l'assimiler au taux d'entraînement d'argile ou indice de lessivage. Dans les moraines sur l'étage stampien, la tendance à l'alourdissement des sols en profondeur est générale et d'origine géologique; elle préexiste donc au lessivage.

La plupart de ces sols ont une épaisseur de 1 à 1,5 m (figure 26).

Comme il a été dit à propos des sols bruns, on trouve des sols bruns lessivés à pseudogley, avec horizon Btg compact, sur la moraine de fond plus ou moins remaniée par les actions périglaciaires et des sols bruns lessivés colluviaux à caractères vertiques, tandis que les sols bruns lessivés sans hydromorphie se trouvent sur les faciès plus caillouteux. A la Côte et dans la région de Cossonay, on a observé que les horizons A2 et A-B coïncident souvent avec un limon de remaniement superposé à une moraine superficielle caillouteuse (figure 28) et le blocage à la tarière intervient fréquemment à 40 ou 60 cm.

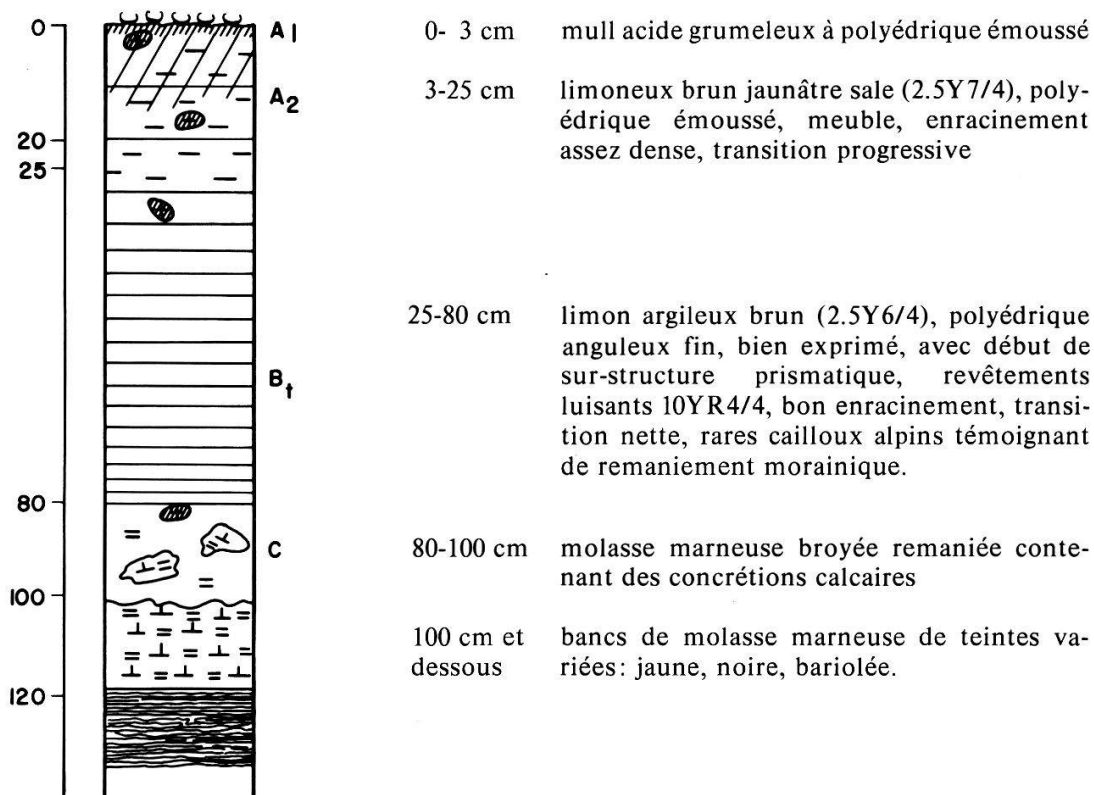
La plupart des sols bruns lessivés sur substratum molassique procèdent plus du recouvrement morainique que de la molasse en place, mais leur drainage est amélioré sur substrat gréseux, ou bien leur structure est meilleure sur substrat marneux en raison de la plus grande proportion d'argiles gonflantes. Les sols bruns lessivés de cultures sont encore riches en bases à l'Ouest du Canton, tandis que sous forêt ils sont généralement assez désaturés.

Fig. 26. - SOL BRUN LESSIVÉ SUR MOLASSE MARNEUSE = *Penthéréaz*, «Bois Cuenet»

Altitude: 570 m coord. 535,15 x 169,95

chênaie à gesse noircissante

topographie: coteau molassique au-dessus d'une falaise, quelques blocs erratiques alpins en surface.



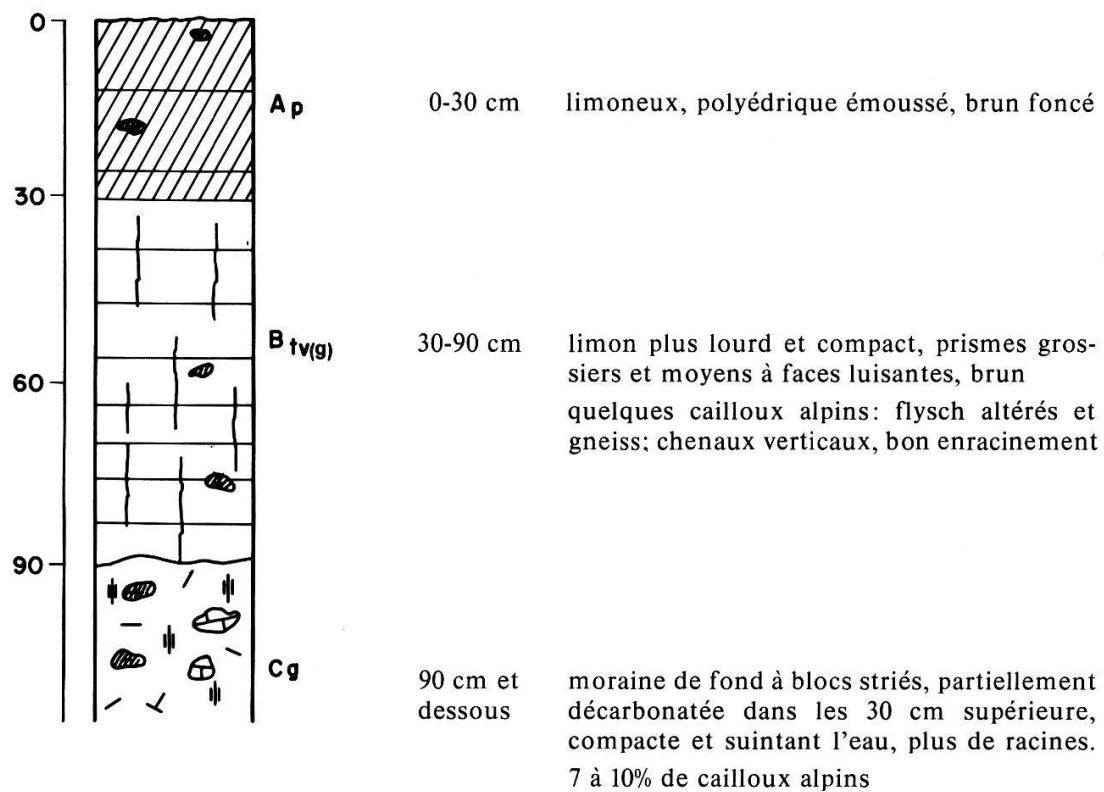
Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG'	S	MO. %	C	N	C/N		
0 - 3	Ao - 1					35	19,2	0,83	23	6	
20	A2	16	26	18	37	2,9	1,68	0,07	24	4,4	
60	(B)t	38	20,5	12	29	0,6	0,66	0,04	16,5	5,2	
100	C	27	35	12	25					8,1	31
110	R									8,4	81
Cations échangeables m.e/100 g					taux de saturation S/T	densité apparente	Porosité totale	stabilité de structure S	Perméabilité K		
Ca	Mg	K	Na	T							
1,6	0,51	0,13	0,07	13,6	18,4	1,44	52	0,488	3,23		
10,7	2,68	0,31	0,04	12,4	35,4	1,43	58	1,565	2,02		
31,2	3,62	0,34	0,07	38,9	95	1,66	42	3,54	1,81		

Fig. 27. – SOL BRUN LESSIVÉ VERTIQUE COLLUVIAL = *Vuarrens, «Dejau»*

altitude: 630 m coord.: 538,8 x 172,3

culture de blé

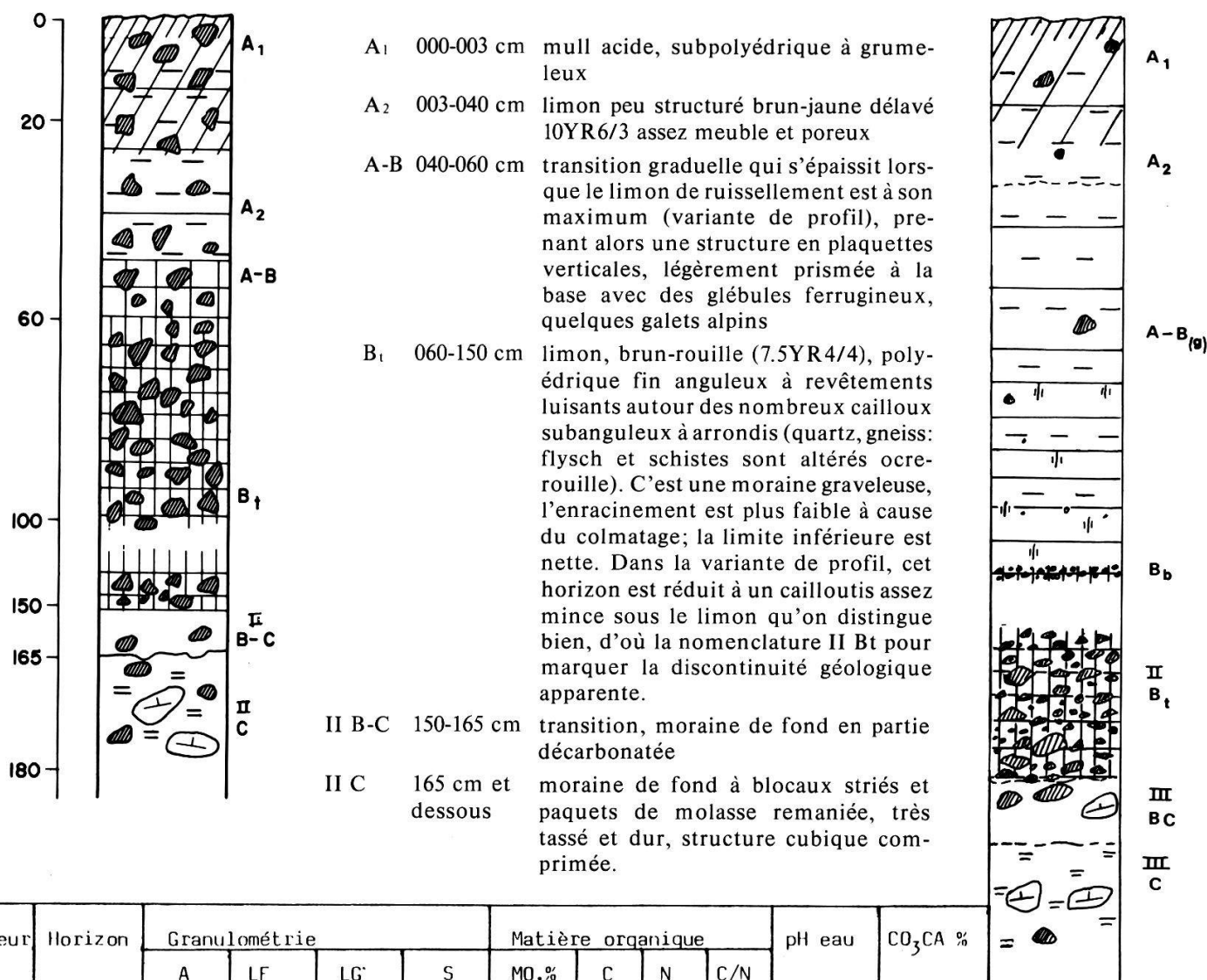
topographie: bas de longue pente faible



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
0 - 30	Ap	19,5	24	20	33,5	2,95	1,71	0,22	7,7	6,2	
60	Btv	24,5	22,5	19	34	0,25	0,15	0,04		6,6	
100	Cg	16	19,5	15,5	49	0,36	0,21	0,07		7,5	traces

Fig. 28. — SOLS BRUNS LESSIVÉS DANS LIMON ET MORAINÉ GRAVELEUSE; *Bioley Orjulaz, gravière, «Bois Iquederrey»*

altitude: 600 m coord. 534,6 x 164,1 topographie: flanc de drumlin, replat d'ondulation
hêtraie-chênaie à charme et arum



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO, %	C	N	C/N		
10	A1 - 2	14	21,5	25,5	34	5,2	3	0,23	13	4,8	-
20	A2	15	22,5	23,5	37	2,2	1,29	0,12	10,7	5,3	-
120	Bt	18	17	19,5	44,5	0,9	0,69	0,07	9,8	6,1	-
180	C	11,5	30	18,5	40	0,2				8,5	23

VARIANTE

Cations échangeables m.e./100 g					taux de saturation S/T	densité apparente	Porosité totale	stabilité de structure S	Perméabilité K
Ca	Mg	K	Na	T					
1,62	0,9	0,23	0,14	11,7	24,7	1,49	40	0,16	4,49
2,70	0,54	0,17	0,04	9,62	35,9				
5,14	1	0,14	0,05	8,71	72,6	1,57	40	2,38	5,92
32,62	1,3	0,12	0,03	6,49	Sat.	1,92	26	23,66	0,69

2. Sols lessivés sur substratum calcaire au pied du Jura

Les sols bruns sur calcaire ont soit une texture argileuse, soit une texture limoneuse, tandis que les sols lessivés, plus épais (40 à 90 cm), présentent un limon surmontant une couche d'argile à même le calcaire dur. Lorsque le calcaire est à une profondeur dépassant 1 m, on passe à un sol lessivé sur moraine graveleuse.

Reposant sur le calcaire, on peut distinguer deux aspects d'horizons argileux inférieurs: soit une couche mince de décarbonatation de couleur brun foncé, c'est l'horizon «bêta» (β)* surmonté par le Bt développé dans la couverture morainique; soit une tranche plus épaisse, de couleur brun rouge, qui possède à la fois les caractères du Bt et du «bêta», qui contient un mélange de cailloux cristallins et calcaires du substrat, ces derniers devenant dominants à la base. Dans ce cas le profil ressemble à un sol complexe qui pourrait résulter du remaniement d'une argile d'altération ancienne par le dépôt morainique à galets alpins.

Dans ces profils composites, l'analyse des argiles révèle que ce sont les minéraux hérités des moraines et plus ou moins transformés qui dominent en A2 et A-B, tandis que dans le Bt rougeâtre on observe un accroissement des smectites qui fait penser à un héritage avec transformation de l'illite des calcaires, comme dans les horizons (B) rouges peu épais des sols de type A-(B).

La figure 29 montre que dans la séquence sol brun ou brun rouge sur calcaire – sol lessivé sur calcaire avec faible placage morainique – sol lessivé entièrement développé dans la moraine, la teneur en argile peut être déjà la plus élevée dans le sol brun ou brun rouge sur calcaire.

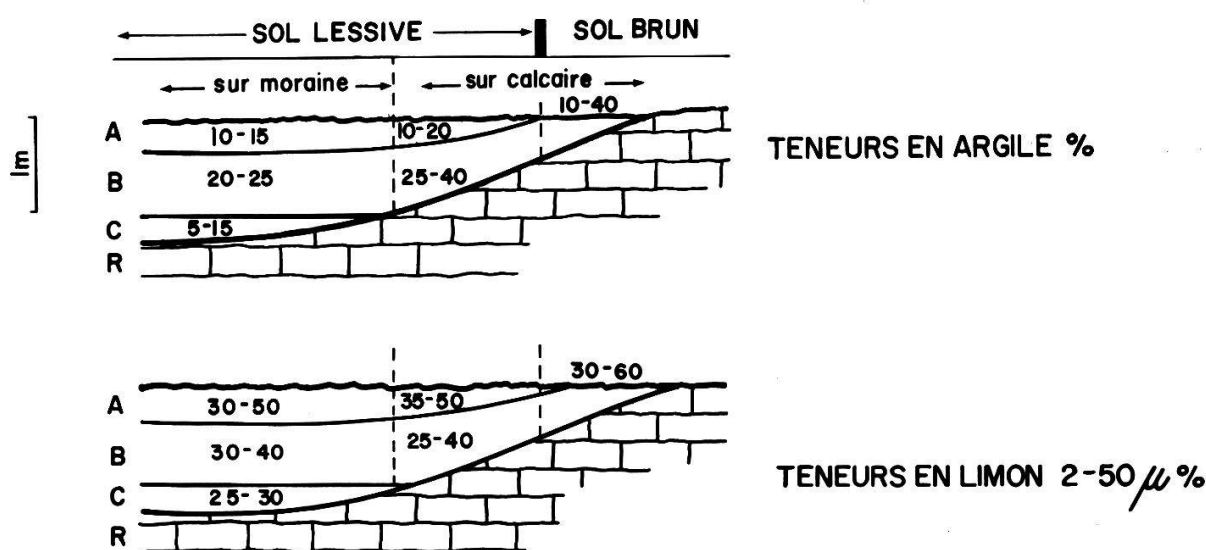


Fig. 29. – Ecart granulométriques moyens dans les sols avec placage morainique d'épaisseur croissante sur substrat de calcaire crétacé au pied du Jura.

3. Sols lessivés et lessivés rubéfiés sur moraine graveleuse ou fluvioglaciaire.

On rencontre deux types de profils, les uns épais de plus d'un mètre, les autres d'à peine 50 cm. Il semble que ce soit la teneur en résidu insoluble et la granulométrie initiale du dépôt qui soient à l'origine de ces différences d'épaisseur. Dans le cas des sols lessivés épais, soit la proportion de matériel d'origine alpine est plus élevée, soit la granulométrie était plus riche en argile ou limon (moraine sablo-argileuse à galets alpins dans un cas, limon colmatant le fond des cuvettes de fonte de glace sur le fluvioglaciaire riche en galets jurassiens dans l'autre cas). Les deux types ont en commun une forte acidité de l'horizon A2, nettement décoloré, mais le plus épais reste plus acide en Bt, la remontée de cailloux calcaires étant plus importante dans le moins épais. La porosité élevée, du fait de l'abondance du squelette grossier, a favorisé l'oxydation du fer. La couleur des horizons Bt de ces sols varie du brun ocre 7,5 YR au brun rouge 5 YR sur de courtes distances. La rubéfaction affecte une partie des profils peu épais sur fluvioglaciaire et des placages de moraine graveleuse sur calcaire diaclasé. Sous forêt, dès une épaisseur de 1 m, les sols lessivés se réhydratent et ne sont plus rubéfiés (figure 30). Il est à remarquer que les sols lessivés rubéfiés peuvent n'avoir que 40 cm d'épaisseur ce qui, joint à la présence de cailloux calcaires incomplètement dissous dans leur horizon Bt, confirme bien la particularité du milieu où ils se forment. Dans tous ces sols, la base de l'horizon Bt se rapproche d'autant plus de la définition d'un horizon «bêta» que la limite B/C est plus tranchée.

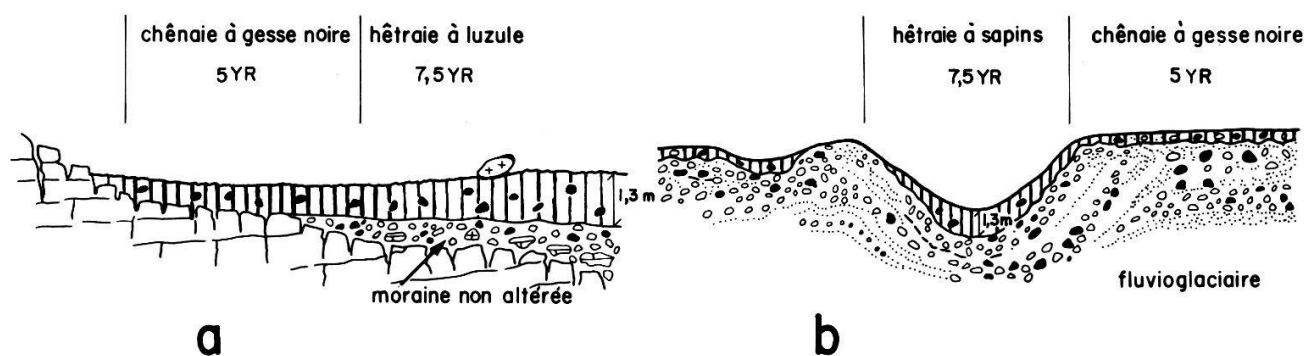


Fig. 30. — Répartition des sols lessivés et lessivés rubéfiés développés dans la moraine sur calcaire (a) et dans le fluvioglaciaire (b) au pied du Jura

Il arrive qu'on observe un concrétionnement calcaire à la base du sol. Comme on rencontre aussi ce type de concrétionnement dans le matériel fluvioglaciaire, à la faveur des discontinuités texturales, on ne peut donc pas toujours leur attribuer une origine pédologique.

Dans le cas des sols lessivés rubéfiés sur fluvioglaciaire, contrairement à celui des sols rouges sur calcaire dur, l'hypothèse d'un remaniement

de sol rouge ancien (par solifluxion) peut être écartée sans ambiguïté, parce que la base de la rubéfaction est prise dans des lentilles de granulométrie différente dont elle conserve le reflet et parce que les galets altérés, surtout les flyschs et schistes sont brun rouge, parfois même avant la matrice du sol dans les cas limites.

De plus, la minéralogie de ces sols est héritée des dépôts morainiques (M. GRATIER et M. POCHON, 1976):

– Si la rubéfaction est en place on peut supposer, pour expliquer cette convergence avec les sols méditerranéens qu'il faille vieillir l'âge des dépôts fluvioglaciers, à une période relativement longue ou chaude, soit au moins au Würm ancien, soit au dernier interglaciaire; ce qui impliquerait que les glaces se soient définitivement retirées de ces endroits avant le Würm récent (voir I. KLAASEN, 1976 et M. BURRI, 1977).

Mais comme les sols rubéfiés se rencontrent jusqu'au bord du lac Léman (complexe fluvioglacière de 15 à 30 m du delta de la Promenthouse – région de Nyon –) les arguments géomorphologiques et géologiques vont à l'encontre d'un vieillissement, la rubéfaction est donc holocène puisqu'elle se rencontre sur l'homologue des terrasses de Thonon, datées du tardi-würmien (B. BLAVOUX et M. DRAY, 1971).

Les sols rouges sont situés dans une zone actuellement proche du minimum régional des précipitations bien qu'encore abondantes (900 à 1000 mm/an).

L'évapotranspiration est accrue par la bonne exposition et l'influence d'un vent desséchant: le Joran; dans ces conditions des déficits hydriques potentiels passagers ont été prouvés (F. CALAME, 1977). Compte tenu de la perméabilité élevée de ces sols, ils pourraient expliquer la déshydratation des oxydes de fer. Ces sols supportent le plus souvent une chênaie acidophile à espèces subméditerranéennes; mais la relation sol rouge – type de végétation n'est pas biunivoque, le même type de végétation se rencontre aussi sur des sols non rubéfiés et inversement quelques plages de sols rubéfiés sont recouvertes par la hêtraie; peut-être à cause de modifications d'origine climatique ou humaine?

Le fer de l'horizon B des sols sur fluvioglacière a comme origine l'abondance des minéraux ferro-magnésiens dans les roches alpines (micaschistes en particulier), mais l'apparition de la couleur rouge est liée à certaines conditions (forte perméabilité et déshydratation d'origine climatique); sinon, à teneur égale en fer, on reste à la couleur brune (7,5 YR). La richesse en fer n'est donc pas la seule à déterminer l'apparition de la rubéfaction. Il s'agit de sols semblables à ceux décrits par L.M. BRESSON sur moraine würmienne du Jura méridional; nos observations renforcent donc les conclusions de cet auteur sur le plan écologique: les précipitations abondantes amènent l'altération; les courtes périodes de sécheresse provoquent la déshydratation des oxydes de fer. Il est important de souligner que les sols rouges méditerranéens avec lesquels ceux-ci présentent une analogie ont été formés aux périodes pluviales en Afrique du Nord et dans ce sens ce sont des sols hérités (G. BEAUDET, G. MAURER et A. RUELLAN, 1967). Des sols comparables faiblement rubéfiés se rencontrent également sur les basses terrasses würmiennes du Rhin en Alsace (R. MAROCKE, 1962) et du Rhône (M. BORNAND, 1969).

Les sols rubéfiés, plutôt superficiels, sont rares sous cultures car, dans ce cas, ils ont été érodés ou enfouis et rebrunifiés. Les rendzines brunifiées rubéfiées actuelles, lorsqu'il s'en trouve, ne sont donc pas des intergrades évolutifs, elles sont d'origine secondaire.

4. *Sols «lessivés» calciques sur molasse rouge*

Ces sols constituent une exception. Le lessivage, malgré l'état saturé ou carbonaté, a été vérifié grâce à l'étude des lames minces montrant les argillanes localisés tant dans les fentes fermées que dans les fentes fonctionnelles. Il s'agit de sols présentant des caractères vertiques, tout comme les autres sols sur molasse marneuse, dont la molasse rouge est un faciès qui se trouve dans la région de Montreux.

Il s'agit de sols secondairement recalcifiés car ils sont cultivés en pente.

5. *Nature du lessivage*

L'observation des lames minces permet de dégager les caractéristiques principales du phénomène.

- plus la proportion de squelette grossier est importante (liée à une plus grande perméabilité), plus il y a de ferriargillanes* dans l'horizon Bt. Ils finissent par constituer l'essentiel du plasma en colmatant les vides laissés par la décarbonatation et l'altération.

Ce remaniement mécanique par gravité explique leur aspect perturbé, plus ou moins intégré à la masse hétérogène du sol.

En revanche, dans les sols plus riches en fractions fines dès l'origine, la différenciation est plus faible. Les argillanes sont moins nombreux et moins perturbés. La couleur des oxydes de fer y est moins prononcée, mais des concentrations glébulaires* d'origine hydromorphe apparaissent.

- Le lessivage ne déplace pas que les argiles mais aussi des limons. Les siltanes descendant du A2 colmatent les chenaux ou bien alternent avec les argillanes de bords des cavités et, dans ce cas, semblent contenir un peu de matière organique. La raison du déplacement de ces limons serait climatique et liée à des périodes de fortes précipitations notamment à la fonte des neiges par temps de pluie. Dans ces conditions, les argillanes peuvent aussi être érodés ultérieurement comme l'a indiqué E. FREI (1967).

G Sols hydromorphes

Les deux éléments de différenciation des sols hydromorphes sont l'amplitude des variations du niveau de la nappe et la durée pendant laquelle une certaine tranche de sol est saturée d'eau.

Pour une durée de saturation croissante, on distingue :

pseudogley à nodules de fer → pseudogley → gley oxydé → gley réduit → sols tourbeux.

Il y a quatre types de situations dans lesquels on rencontre des sols hydromorphes :

- dans les creux à peine marqués sur moraine de fond (mouilles); la moraine de fond étant généralement imbibée d'eau, on y rencontre déjà des sols apparentés aux hydromorphes en situation subhorizontale;
- dans les creux comblés de colluvions sur la moraine (anciens petits marais);
- sur les pentes, à cause des suintements d'eau provenant d'aquifères lorsqu'il s'agit de dépôts morainiques ou de sorties de circulation fissurale lorsqu'il s'agit de molasse sous faible couverture (marais ou mouilles de pentes);
- dans les vallées, sur des lentilles de limons d'inondation (anciens grands marais).

Il s'agit de nappes perchées, plutôt temporaires dans les faibles creux; permanentes et latérales dans les pentes, permanentes et remontantes dans les dépressions mais avec un niveau que les drainages ont souvent abaissé.

Quelle que soit l'altitude, presque tous les sols hydromorphes des dépressions importantes sont calciques à saturés en calcium, parce que l'eau imbibe des substrats carbonatés d'où la nappe remonte. En revanche, les sols hydromorphes des faibles creux et pentes modérées sur moraine sont d'autant plus acides que l'altitude augmente; l'eau y circule plus rapidement, permettant un renouvellement des solutions acides.

A l'intérieur des principaux types de sols hydromorphes la combinaison des horizons revêt une variété infinie dans le détail, déroutante en cartographie, en raison des lentilles de granulométrie et d'épaisseur différente, qu'il s'agisse de moraine, d'alluvions ou de colluvions (figure 33b).

1. *Sols hydromorphes carbonatés ou saturés*

Ils se rencontrent surtout dans les alluvions fines récentes des anciens marais drainés des plaines: Orbe, Broye et dans les colluvions des petits marais de l'étage collinéen, accessoirement dans les fortes pentes.

Dans les plaines, du fait de la disposition des alluvions en bandes et lentilles, ces sols ne sont pas homogènes et font transition entre plusieurs classes: surtout hydromorphes et calcimagnésiques ou alluviaux calcimorphes, accessoirement vertiques et humifères à hydromorphes organiques.

a) Pseudogleys brunifiés humifères des plaines de l'Orbe, de la Broye et des petites cuvettes du domaine Stampien:

Dans la cartographie et pour l'estimation du potentiel de production, on les a assimilés à des sols bruns calcaires à pseudogley, en raison de leur structure très développée et très stable (polyédrique fine en surface et prismatique en profondeur) et aussi, parce que les taches de pseudogley sont peu nombreuses dans le profil et même absentes de l'horizon labouré.

La nappe aquifère est profonde, les limons argileux pouvant surmonter des sables; mais dans les secteurs en transition avec les bassins tourbeux, elle peut remonter vers la surface. Les dépôts dans lesquels se développent ces sols, issus de l'érosion des versants molassiques marneux de ces vallées, présentent des caractéristiques qui se rapprochent de celles des sols sur molasse marneuse au point de vue granulométrique (richesse en limon fin) et minéralogique (argiles gonflantes), d'où la présence à profondeur moyenne de patines de glissements sur les faces des prismes (tendance verticale). La teneur en matière organique dépasse, pour la majorité d'entre eux, 3% en surface et 2% à 60 cm. L'accumulation des matières organiques, dès l'origine en milieu anaérobie, est ici attestée par tous les intermédiaires entre dépôts organo-minéraux et tourbes (figure 31).

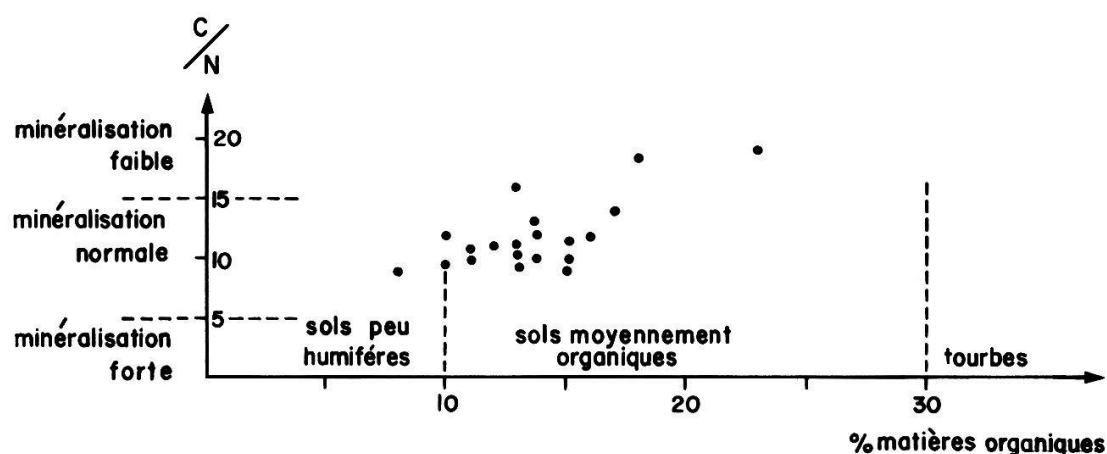


Fig. 31. — Relation entre le taux de matière organique et le rapport C/N dans les sols moyennement organiques calciques des marais drainés des plaines.

Le plan d'eau a fluctué au cours du temps et ces sols n'ont pas toujours été inondés. On retrouve ainsi des bandes plus organiques à différents niveaux dans les limons d'inondation. Lorsque la nappe s'est abaissée, soit naturellement à certaines époques, soit à la suite des drainages, la matière organique s'est transformée en milieu aéré par minéralisation, tout en se stabilisant dans ces sols lourds à l'état calcique. Ces sols humifères ressemblent à ceux de la Limagne, plaine semblable à environnement molassique, située dans le Massif Central. Les dépressions des pays submontagnards, comme c'est le cas, ont une nuance microclimatique plus continentale qui peut favoriser la maturation des humus; mais il est difficile dans le cas présent d'attribuer au climat un rôle autre que secondaire par rapport à l'hydromorphie. Il est possible d'admettre une convergence des effets en supposant un rôle stabilisateur du climat local, mais pas au point de classer ces sols avec les isohumiques.

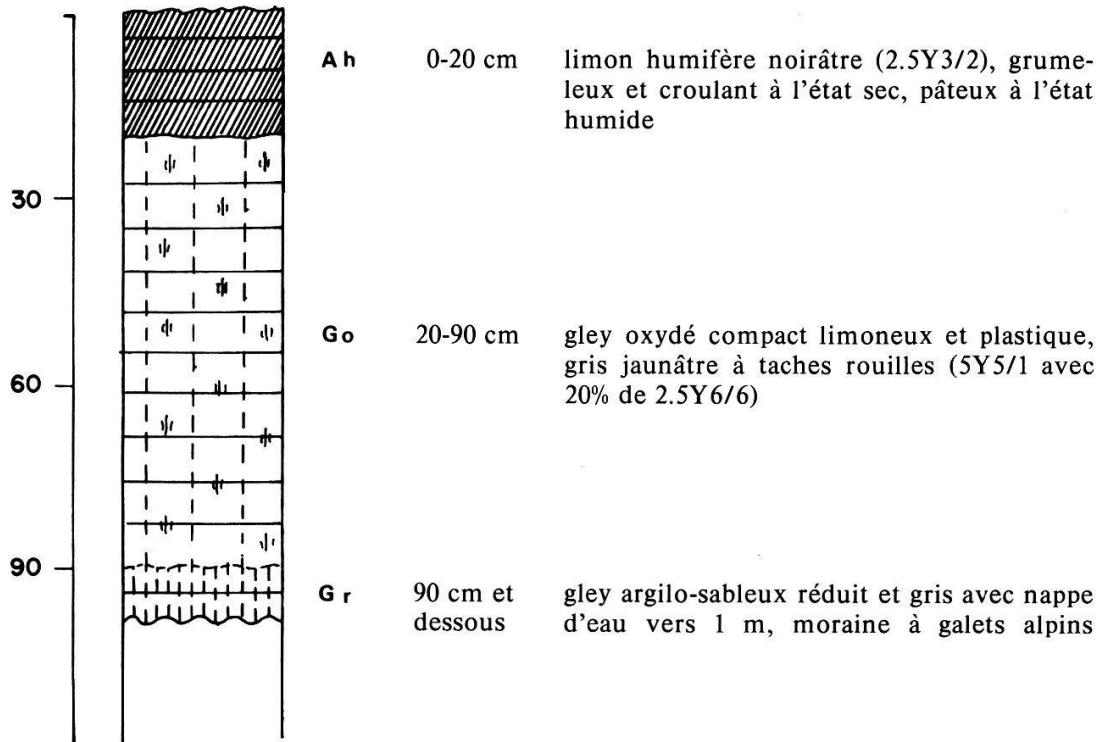
La teneur en calcaire de ces sols est variable, elle semble diminuer en raison inverse de celle en matière organique, plus acide à l'origine.

Fig. 32. – GLEY À HYDROMULL CALCIQUE; *Rances, «Les Adoux»*

altitude: 615 m coord. 529,85 x 180,13

cultures de blé et betteraves, carencées sur ce sol

topographie: petit creux dans la moraine



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO. %	C	N	C/N		
0 - 20	Ah	20	32,5	20	27,5	7,96	4,62	0,55	8,4	7,2	0,5
30 - 60	Go	22	18	18	41	1	0,63	0,08	7,8	7,4	traces

b) Pseudogleys-gleys calciques: Ils sont plus compacts et plus humides que les pseudogleys brunifiés, la nappe se situant souvent vers 1 m de profondeur en été. Leur structure est plus massive avec de fortes patines de tension. La teneur en matière organique, même de 4 à 7% dans l'horizon de surface, est souvent insuffisante en dessous pour diminuer la plasticité et les risques de tassement.

c) Sols hydromorphes organiques et tourbes eutrophes:

On rencontre tous les intermédiaires entre sols humifères et tourbes, notamment des gleys calcaires oxydés à bandes organiques et des gleys à anmoor calcique. Ce type présente dans les fentes de retrait des enduits rouille vif qui sont des gels de fer dus à des bactéries, lesquels obstruent aussi les drains (Musy, 1976) d'où le toponyme «marais rouge» dans la plaine de l'Orbe.

Les valeurs de C/N restent assez basses malgré l'augmentation de la teneur en matière organique, sans doute à cause de l'état calcique de ces terres (figure 31).

Une fois drainés, ces sols se tassent d'autant plus qu'ils sont riches en tourbe vers la surface. En plus du tassement physique, à cause de la perte en eau, la matière organique passant dans des conditions aérobies se minéralise et perd encore du volume.

Les tourbes eutrophes reposent souvent sur des craies lacustres inaptes à la culture si elles viennent affleurer en surface par disparition de la tourbe, (voir page 166).

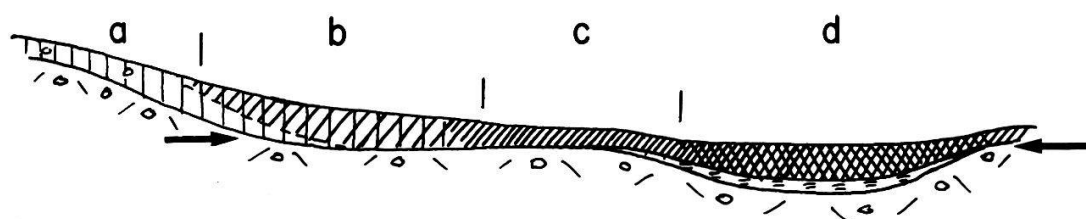


Fig. 33a. - Séquence de sols dans un petit marais drainé sur la moraine de fond

a) sol brun à pseudogley, b) pseudogley brunifié humifère, c) gley calcique à hydromull, d) tourbe sur craie.
→ niveau d'eau

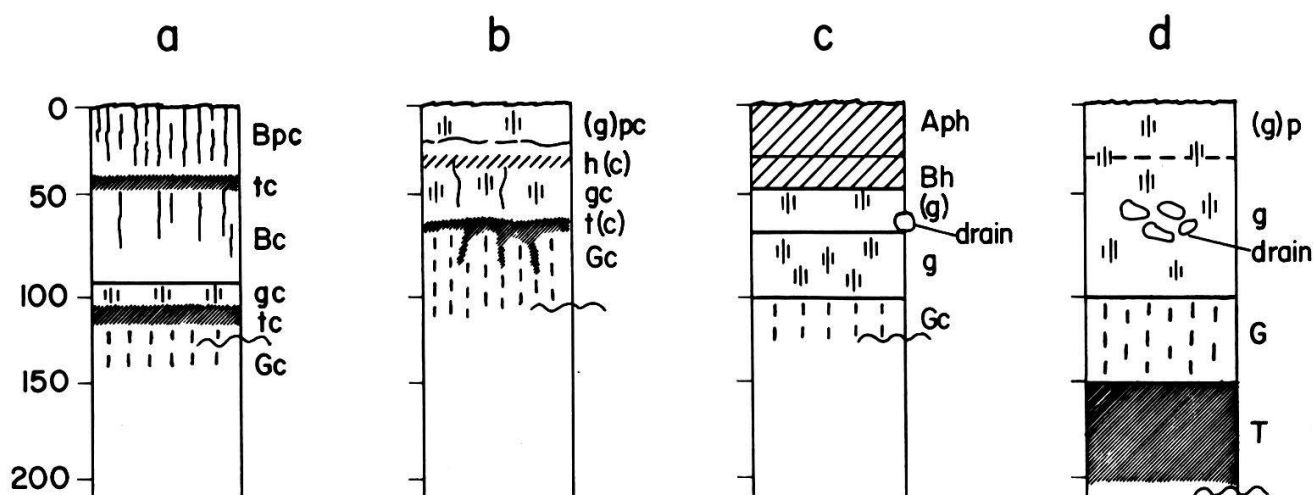


Fig. 33b. - Schéma de profils de sols hydromorphes variés

a) sol hydromorphe calcaire brunifié à bandes organiques dans les alluvions (Orbe)
b) pseudogley-gley carbonaté dans des alluvions à niveau tourbeux (Chavornay)
c) pseudogley-gley saturé dans des colluvions (Bercher)
d) pseudogley-gley décarbonaté dans des colluvions sur tourbe enfouie (Correvon)
~~ niveau d'eau

2. Sols hydromorphes décarbonatés

Ces sols se rencontrent dans les vallées et vallons de faible importance, dans les faibles pentes en creux et sur la bordure des marais drainés, surtout aux altitudes moyennes (600 à 700 m). Ils se développent surtout dans les colluvions sur la moraine de fond.

a) Pseudogley-gley : très souvent on observe la superposition d'un pseudogley à un gley plus ou moins oxydé, ce dernier coïncidant avec la moraine de fond. La limite de décarbonatation coïncide souvent avec le sommet du gley, parfois aussi la partie supérieure du gley est décarbonatée et oxydée. Le pseudogley est légèrement acide.

La plupart des pseudogleys et gleys cultivés rencontrés présentent un horizon de surface humifère à mull et ils ont été drainés (mouilles, anciens marais). Le taux moyen de matière organique est de 5% avec un C/N compris entre 7,5 et 10 qui montre bien la minéralisation avancée de l'humus. En profondeur, tandis que le taux de matière organique s'abaisse à une valeur d'environ 2% vers 50 cm, le C/N s'élève, contrairement à ce qui s'observe dans les sols bien drainés et normalement aérés.

En dessous de 800 m, d'altitude, les sols hydromorphes des sous-bois sont pour la plupart des sols à hydromull* ou à anmoor*.

La granulométrie des pseudogleys et gleys est assez variable et dans le cas de matériel morainique, ils ne présentent pas de texture franchement différente des autres sols.

On en déduit que les sols hydromorphes reflètent la diversité régionale des ambiances texturales – par exemple les gleys sont sableux dans le «domaine» burdigalien – et que ce n'est pas une texture plus lourde qui a provoqué l'hydromorphie dans la moraine, mais le manque de porosité et de structure construite.

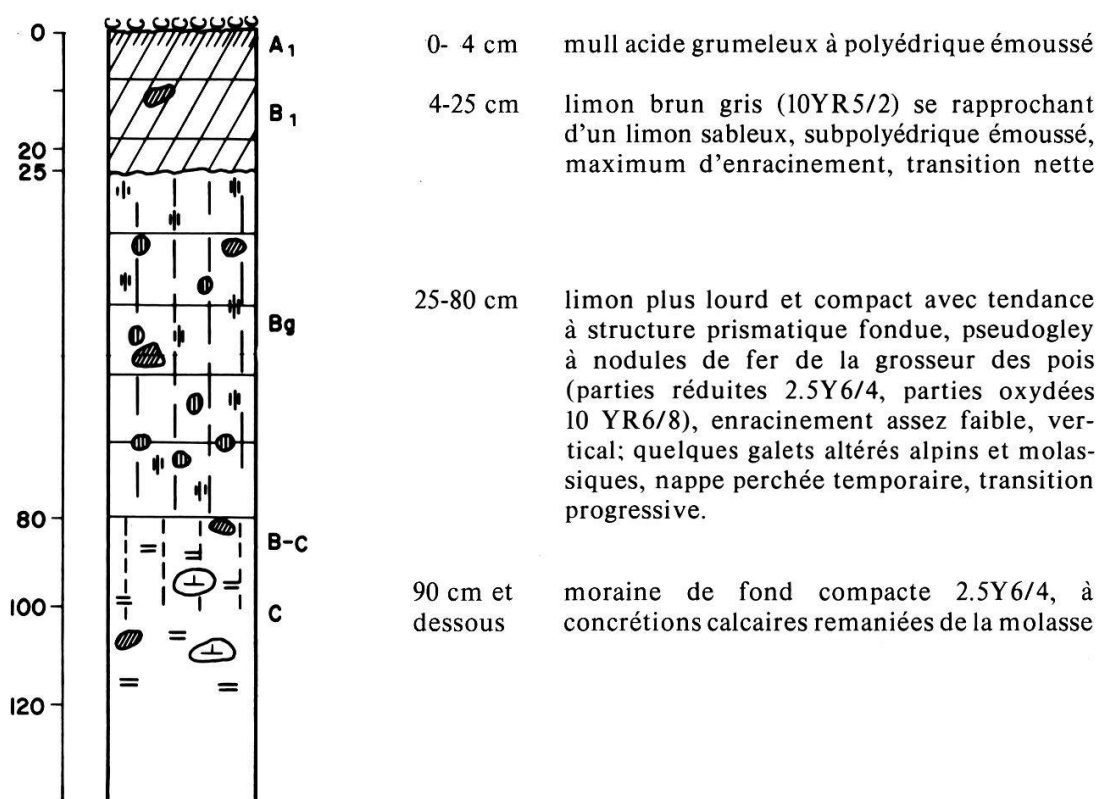
b) Pseudogleys à granules de fer

Ils sont fréquents sur mélange moraino-molassique en couverture sur les étages Aquitanien et Stampien oriental, à des altitudes de 600-700 m. Ailleurs, ils ne sont pas absents mais rares. Le plus souvent ce sont des pseudogleys décarbonatés, mais ce n'est pas une condition nécessaire à la formation des granules; il s'en trouve en effet aussi dans quelques pseudogleys carbonatés. Une certaine proportion de sable semble favorable à la formation des nodules de fer (limon sablo-argileux). On trouve souvent l'horizon à granules de fer à la partie supérieure d'un pseudogley ou gley oxydé. Dans les mêmes zones, on observe des nodules à différents stades de consolidation. En lame mince, ces granules ne présentent aucune organisation interne, la matrice y est la même que dans le sol.

Fig. 34. – PSEUDOGLEY À GRANULES DE FER SUR MORAINÉ DE FOND; Fey, «Bois Béta»

altitude: 650 m coord. 543,25 x 169,6
hêtraie à mélisse uniflore

topographie: plat avec très léger creux



Profondeur	Horizon	Granulométrie				Matière organique				pH eau	CO ₃ CA %
		A	LF	LG	S	MO.%	C	N	C/N		
2	A1	14,5	21,5	21	43	5,4	3,15	0,27	11,6	5	-
20	B1	14,5	21	15,5	46	2,6	1,56	0,13	12	5,2	-
60	Bg	16,5	22	19,5	42	0,2				5,7	-
80	B-C	11,5	24	15,5	49	0,1				6,8	-
100	C	7,5	21,5	20	51					8,2	6
Cations échangeables m.e/100 g					taux de saturation S/T	densité apparente	Porosité totale	stabilité de structure S	Perméabilité K		
Ca	Mg	K	Na	T							
3,61	0,8	0,14	0,18	9,3	51	1,50	45	0,451	6,89		
6,49	1,39	0,13	0,09	11,3	71,4	1,65	42	3,449	3,05		
28,72	1,77	0,11	0,06	10,8	Sat.			7,542	1,99		

c) Pseudogleys et gleys brunifiés

Bien des gleys et pseudogleys drainés sont recouverts par une couche de limon colluvial bien structuré ou de sable limoneux poreux dans le Jorat, plus ou moins humifère et d'épaisseur variable (souvent 30 à 40 cm). L'origine de cette couche est liée aux travaux agricoles et à l'érosion des champs après drainage. Cet horizon rapporté («Plaggen» de la FAO) simule une brunification du sol hydromorphe, il l'améliore aux dépens des sols de pente érodés.

3. *Sols hydromorphes acides*

a) Pseudogley acide

Vers 750-800 m d'altitude dans le Jorat, où il pleut 800 mm pendant la saison de végétation, on trouve sur moraine sablo-limoneuse des pseudogleys acides dégradés. Ils se situent en position horizontale, ou bien vers la partie inférieure des versants en amont des tourbes, c'est-à-dire dans les zones où la circulation de l'eau est possible et l'engorgement modéré.

Sous forêt d'épicéas ce sont des pseudogleys à moder. Deux types ont été observés:

- un horizon sablo-limoneux A₁ de 20 cm, humifère, de structure floconneuse et particulaire reposant de façon abrupte sur le pseudogley décoloré;
- un sable limoneux décoloré sur le pseudogley avec une transition progressive.

Dans les champs, un horizon colluvial (sablo-limoneux non ou peu hydromorphe B₁ ou A(g), d'épaisseur variable pouvant atteindre 50 cm, recouvre le pseudogley à texture de limon sableux ou de sable argileux.

Dans tous les cas, le pseudogley est très durci, il se subdivise en deux horizons: la partie supérieure Ag est fortement décolorée avec quelques concrétions rouille-noire, c'est-à-dire dégradée par déferrification en milieu acide, tandis que la partie inférieure Bg est enrichie en oxydes de fer, particulièrement le long des conduits racinaires et dans les zones graveleuses. Le fer y prend parfois des teintes vives rouille-orangé.

Ce type de pseudogley est épais et la moraine non décarbonatée apparaît en dessous de 150 cm à l'état de gley oxydé. Localement, le pseudogley peut reposer sur un horizon tourbeux profond qui montre bien l'origine remaniée de la moraine dans laquelle il se développe. Il existe des intergrades à pseudogley glossique* avec les sols bruns lessivés et les bruns acides. Ces sols se rapprochent des stagnogleys* et des pseudogleys podzoliques.

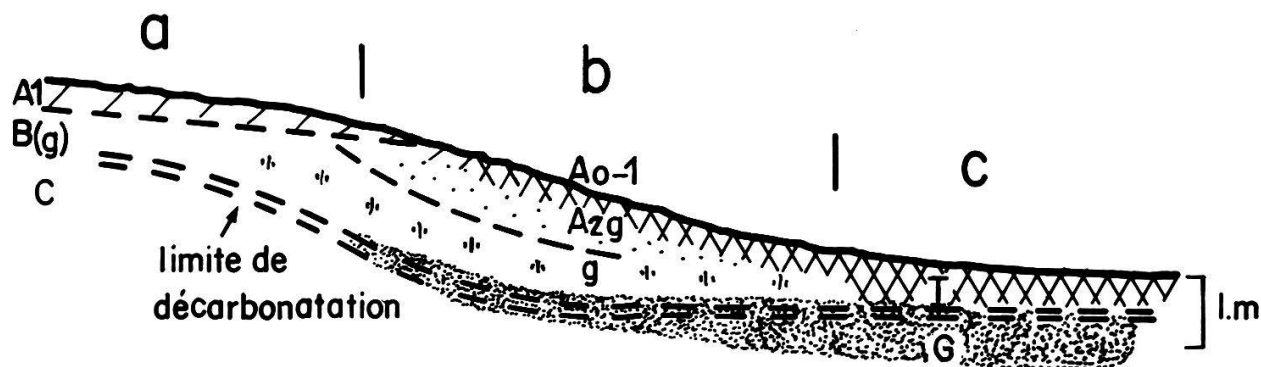


Fig. 35. – Séquence à pseudogley acide sur moraine sablo-caillouteuse dans le Jorat

- a) sol brun acide à pseudogley
- b) pseudogley acide dégradé (stagnogleyifié)
- c) gley tourbeux, calcique en profondeur

III DISTRIBUTION DES SOLS

A Sols et climat

Malgré l'aspect de mosaïque que revêt la distribution des sols dans le détail, à cause de la nature lenticulaire des matériaux parentaux, la répartition globale des types de sols est nettement orientée. D'Ouest en Est la pluviosité s'accroît sous l'influence des Alpes et la tendance à l'hydromorphie augmente en même temps que les sols carbonatés se raréfient. Sur le Plateau, la géographie des substrats corrige heureusement en gros les tendances mésoclimatiques : allègement des textures dans le Jorat où l'altitude entraîne l'augmentation des précipitations, présence des textures les plus lourdes aux altitudes les plus basses ; mais ceci n'est pas le cas au bord des Préalpes où le pseudogley se généralise dès 700 m dans le domaine stampien oriental pour devenir dominant sur les flyschs vers 900 m (figure 3).

Le climax climatique est le sol brun lessivé (à variante pseudogley modéré) ; mais par la conjonction de facteurs stationnels, climatiques et lithologiques, s'esquisse une zonalité des sols. C'est l'influence du substrat dans le mésoclimat qui déplace l'équilibre et fait atteindre un seuil écologique microclimatique différent :

- le début de rubéfaction au pied du Jura, liée au déficit hydrique estival, n'apparaît que sur substrat très perméable ; de plus, sur les substrats plus lourds, les sols même bruns lessivés restent eutrophes
- caractère vertique dans les zones basses sur les matériaux hérités des marnes molassiques, donc d'origine lithologique, mais rendu apparent par les alternances pluie-sécheresse du mésoclimat (régions d'Orbe et de Montreux)

– tendance isohumique en microclimat plus continental en basse altitude (400 m) sur les alluvions et colluvions de la plaine du Rhône, à l'abri des Préalpes, et à la limite de l'étage submontagnard (700 m) de l'adret du pied du Jura, dans les zones sèches sur substratum calcaire; maturation aussi de l'humus hérité des anciennes basses plaines marécageuses drainées de l'Orbe et de la Broye qui accusent les minimums régionaux de précipitations estivales rappelant, de loin, les terres noires de la Limagne française, dont l'âge et l'origine géologique sont identiques.

– domaine des sols bruns acides en mésoclimat à tendance humide sur substrat sableux issu de la désagrégation des molasses gréseuses du Jorat (900 m pour 1200 mm de précipitations). Mais ici on atteint à peine le seuil de la podzolisation à cause de la nature initialement carbonatée du substrat et aussi de la réserve en minéraux altérables (feldspaths, ferromagnésiens), et de la nature des minéraux argileux. Le seuil de la podzolisation n'est franchement atteint que sur les premiers sommets préalpins (1500 m), dans les flyschs gréseux initialement pauvres en carbonates, pour une quantité de précipitations annuelles de l'ordre de 2 m (figure 3).

B Représentation cartographique

Du fait de l'épaisseur variable du placage morainique, de la nature lenticulaire des dépôts, de l'alternance des couches molassiques et du relief, la couverture pédologique est complexe. Le but de notre cartographie étant de représenter aussi fidèlement et clairement que possible la réalité du terrain, il aurait été nécessaire d'adapter l'échelle cartographique à la dimension des unités de sols pour en permettre la représentation. Une alternative aurait consisté à choisir une méthode de représentation de type synthétique, basée davantage sur l'observation du relief que sur les types de sols (HAEBERLI, R., 1971; VAN DER MEER, J.J.M., 1976; VAN DIJK R., 1976; KLAASEN, I., 1977). Cette dernière a cependant le désavantage par rapport au but que nous nous étions fixé de rendre difficile la localisation des unités de sols observées sur le terrain. Nous avons donc choisi un système de représentation intermédiaire permettant de travailler à l'échelle du 1:25 000 dans lequel on trouve:

1. *des unités simples* dans lesquelles les variations ne sont pas forcément inexistantes, mais ne suffisent pas à modifier le type de sol; elles ne sont représentées que lorsque leur extension est supérieure à l'hectare;
2. *des unités complexes*, regroupant des types de sols différents dont les limites ne sont pas cartographiables séparément et dans lesquelles on trouve:
 - a) des sols différents à limites calquées sur la microtopographie
 - des sols peu contrastés: systèmes de terrasses de cultures (unités GJ)
 - des sols à contraste variable: unités des pentes (P)

- b) des sols différents à limites mal définies: mésojuxtapositions* en relief faible
- des sols peu contrastés (unités GG2 et GY1)
 - des sols assez contrastés (unités GY12 et GJ4)

3. *des inclusions* dont l'extension est exceptionnellement supérieure à l'hectare; l'échelle choisie et la densité des sondages ne nous ont pas permis de les localiser toutes sur le terrain:

a) inclusions peu ou moyennement contrastées: ce sont des variations de texture, charge en cailloux et profondeur correspondant à des colluvionnements locaux dans les replats et cuvettes peu accentuées;

Ces variations sont fréquentes dans les unités GY et GG

b) inclusions contrastées:

- microbosses de moraine (unité GY1)
- îlots rocheux (unités KG2, GY1)
- dolines (unité KG1)
- hydromorphie ponctuelle: mouilles et microcuvettes accentuées (unités GG et GY1)

Sur la carte, la couleur représente les types de sol; les trames indiquent d'une part les substrats rocheux lorsqu'ils participent au profil, d'autre part les textures extrêmes et la charge en cailloux.

Les signes particuliers (ronds fléchés, ovales tiretés, triangles noirs) concernent les inclusions.

Les lettres en surcharge renvoient à la géologie et les numéros qui les accompagnent concernent la structure des unités pédologiques (voir annexe III.).

C Présentation de séquences de sols

Les séquences suivantes sont pour la plupart situées en dehors du périmètre de la carte pédologique annexée.

Elles ont été choisies de façon à donner des exemples typiques de la variabilité des sols en relation avec les substrats.

Fig. 36. - Légende des séquences de sols

















	calcaire dur		craie lacustre
	molasse marneuse		tourbe
	molasse gréseuse		épaisseur du sol d'altération
	moraine de fond		bloc erratique alpin
	moraine graveleuse		moraine indifférenciée caillouteuse
	alluvions graveleuses		limon organique
	niveau compact, argilo-silteux		niveau de la nappe d'eau
	limons colluviaux, alluviaux ou de remaniement périglaciaire		
	sable alluvial, colluvial ou morainique		

Fig. 36. – Suite

e	lithosol	v	tendance verticale
rh	sol lithocalcique humifère	(g)	pseudogley modéré
ac	sol alluvial calcimorphe	g	pseudogley
r	rendzine et sols rendziformes	G	Gley
rb	rendzine brunifiée	h	humifère
bc	sol brun calcaire	t	organique
b(c)	sol brun calcique	T	tourbe
b	sol brun		
ba	sol brun acide		
bl	sol brun lessivé		

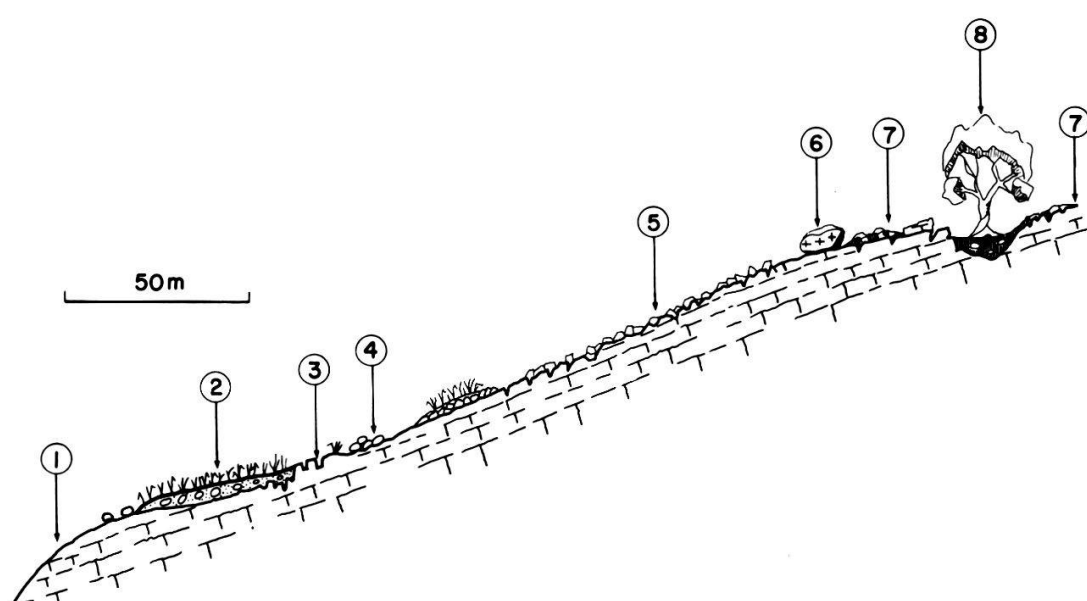


Fig. 37. – Séquence des sols d'érosion sur calcaire avec pellicule de dépôt morainique, Chassagne d'Onnens

1) dalle polie: lithosol et sol lithocalcique, 2) moraine résiduelle: sol brun calcaire, localement rendzine, 3) lapiez exhumé, 4) tas de galets cristallins, 5) pierriers et sol rendocalcique humifère, 6) bloc erratique, 7) sol brun rouge peu épais, 8) doline: sol brun lessivé de 100 cm.

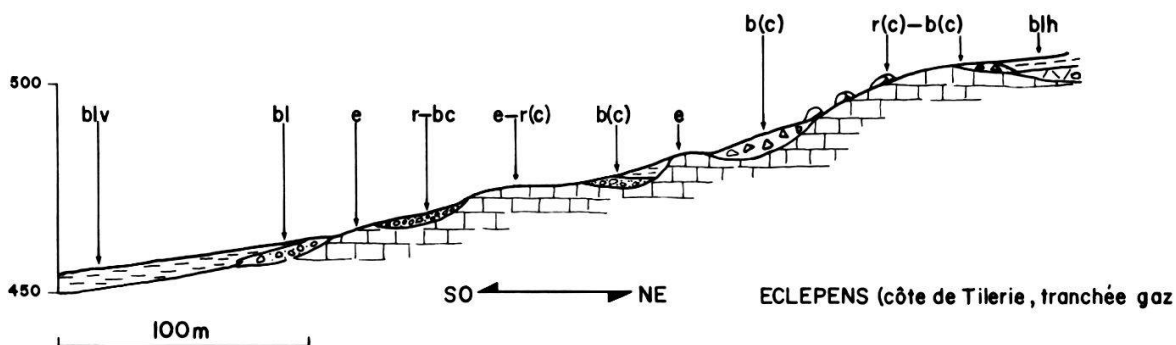


Fig. 38. – Séquence sur calcaire et moraine

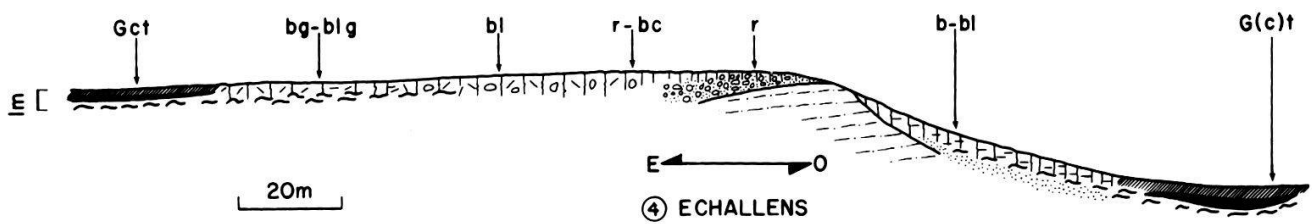
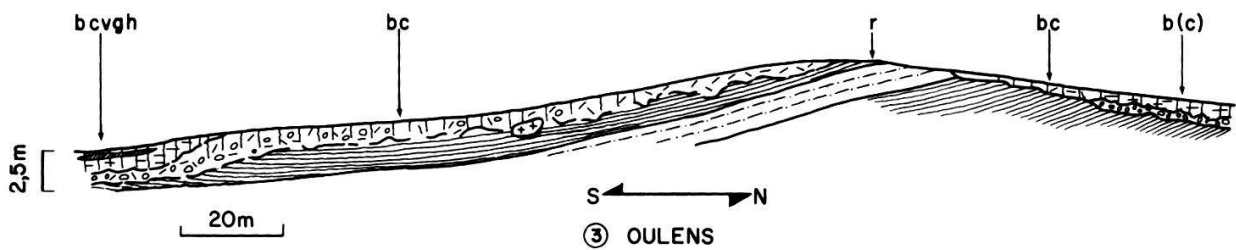
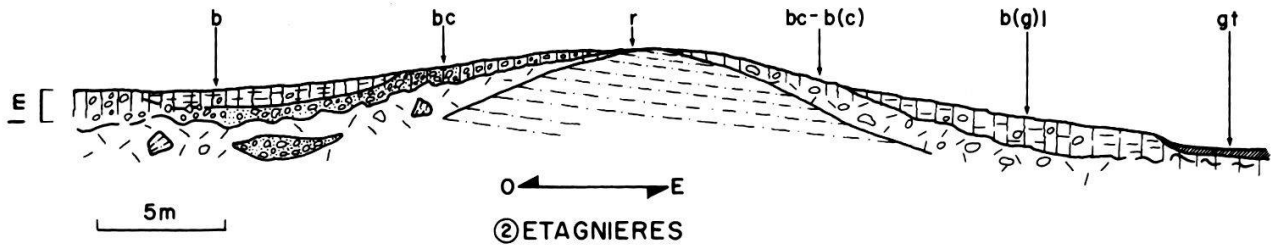
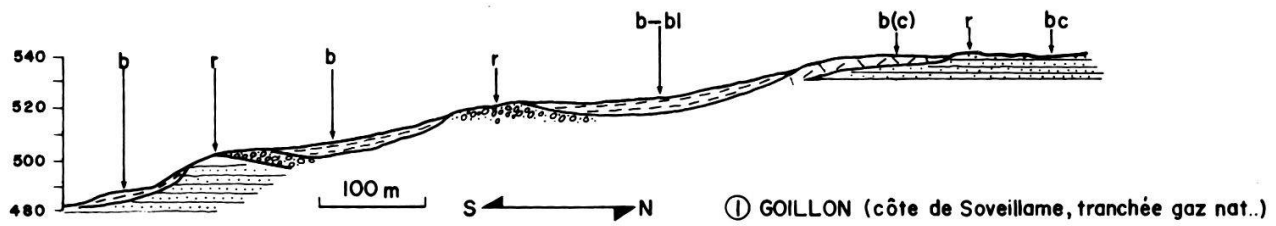


Fig. 39. — Séquences sur molasse et moraine
l'emplacement de la séquence No 4 est indiqué sur la carte par une double flèche

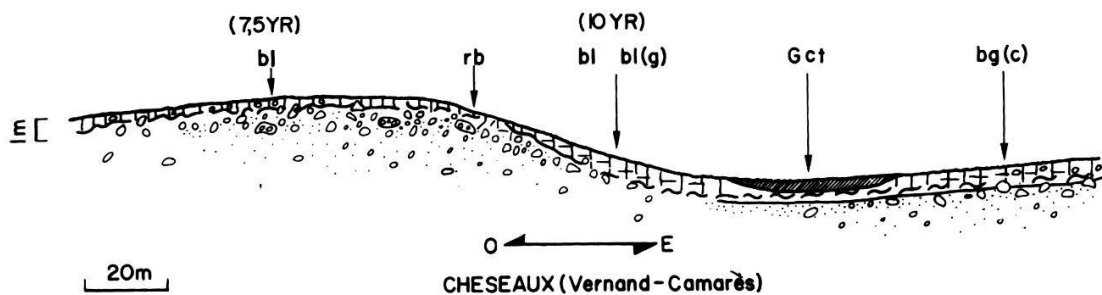


Fig. 40. — Séquence sur dépôt morainique

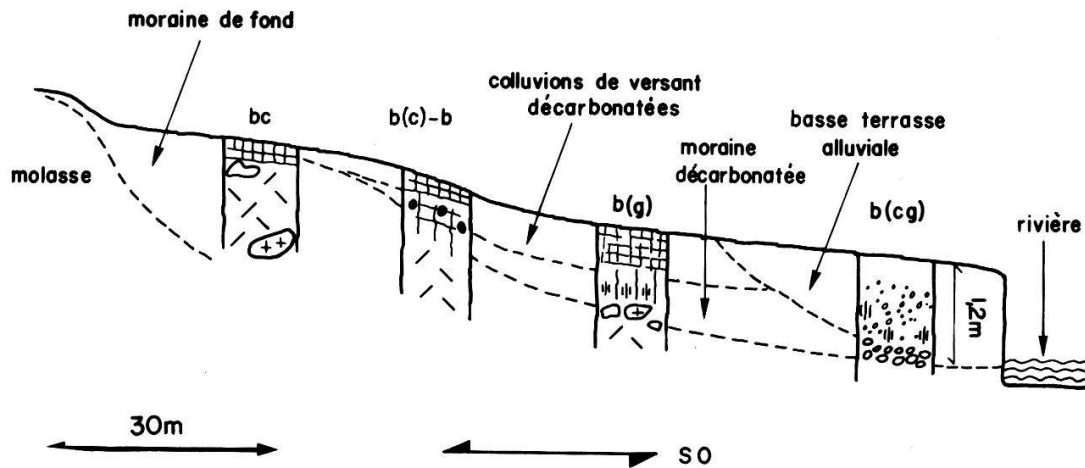


Fig. 41. - Séquence sur moraine et alluvions, vallée du Talent à Echallens.

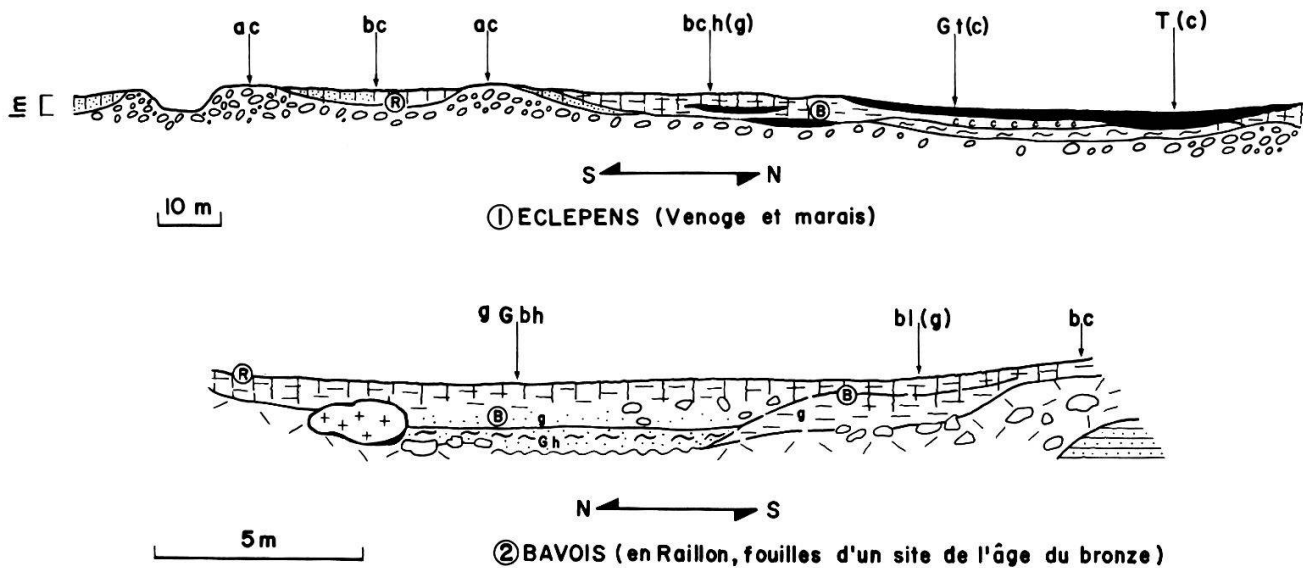


Fig. 42. - Séquence dans les dépôts alluviaux à Eclépens (1) et colluviaux à Bavois (2)
B et R indiquent des niveaux archéologiques de l'âge du bronze et romain.

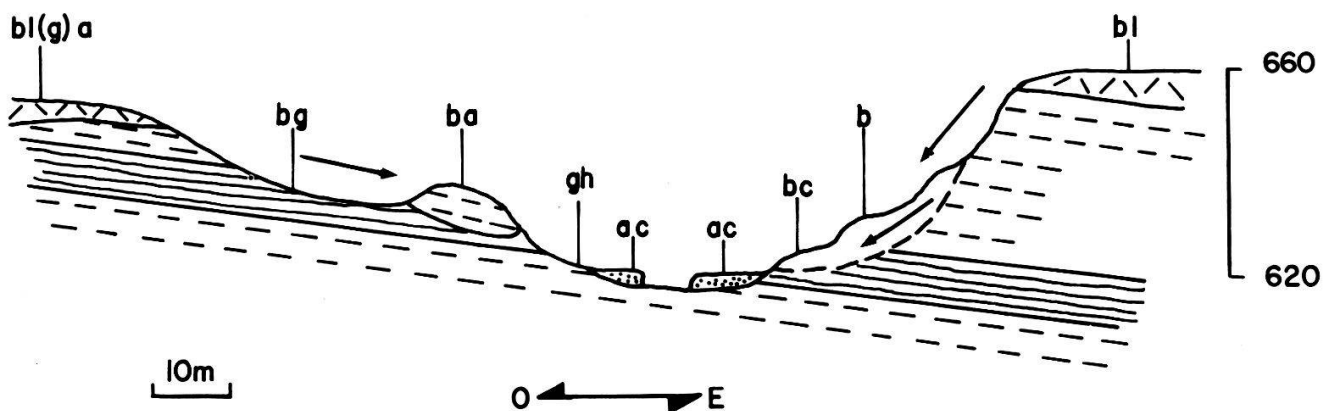
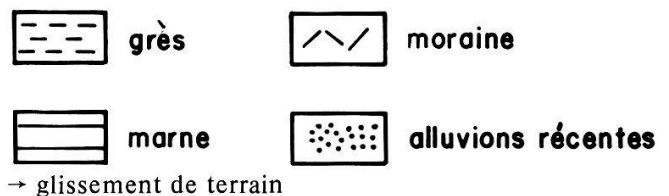


Fig. 43. - Séquence à travers la vallée de la
Mentue dans les bois d'Echallens

*l'emplacement de cette séquence est indiqué sur
la carte par une double flèche.*



TROISIÈME PARTIE

PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES
DES PRINCIPAUX TYPES DE SOL EN RELATION AVEC
LEUR POTENTIEL DE PRODUCTION

I PARAMÈTRES CHIMIQUES DE LA FERTILITÉ

A La capacité d'échange

La capacité d'échange (T ou CEC) correspond à la quantité maximale de cations (H^+ compris) que le sol est capable de fixer. Cette valeur renseigne globalement sur les possibilités de fertilisation. Le taux de saturation S/T (S = somme de bases, Ca, Mg, K, Na) donne une idée sur l'état momentané de la garniture du complexe absorbant.

La capacité d'échange croît avec la teneur en humus et en argile et varie selon la nature des minéraux argileux.

Nous citons quelques valeurs repères tirées de G. GAUCHER, (1968).

matière organique humifiée	350 me/100 g
argiles gonflantes – smectites	} 80-150 me
– montmorillonite	
– vermiculite	
illite	20- 30 me
chlorite	10- 15 me
Kaolite	3- 15 me

Ces valeurs peuvent encore changer avec le degré de cristallinité et la granulométrie des minéraux argileux en question. Les interstratifiés ont une CEC intermédiaire par rapport à leurs minéraux constitutifs.

La capacité d'échange élevée de l'humus montre tout l'intérêt qu'il y a à maintenir un taux de matière organique suffisant pour conserver la fertilité, surtout en sol pauvre en argile et dans les sols avec des argiles à CEC basse (figure 44).

1. Répartition des minéraux argileux dans les principaux types de sols.

Le nombre restreint de profils analysés (8) donne une valeur limitée aux résultats ci-décrits. Dans les roches-mères, l'illite, la chlorite (Mg-Fe) et les smectites (Ca, Fe, Na) sont les minéraux argileux majeurs. L'illite est importante dans les calcaires et les moraines; la chlorite, dans les moraines; les smectites, dans les molasses; comme minéraux accessoires on rencontre des interstratifiés (illite-smectite) dans toutes les roches-mères et la kaolinite dans les calcaires crétacés.

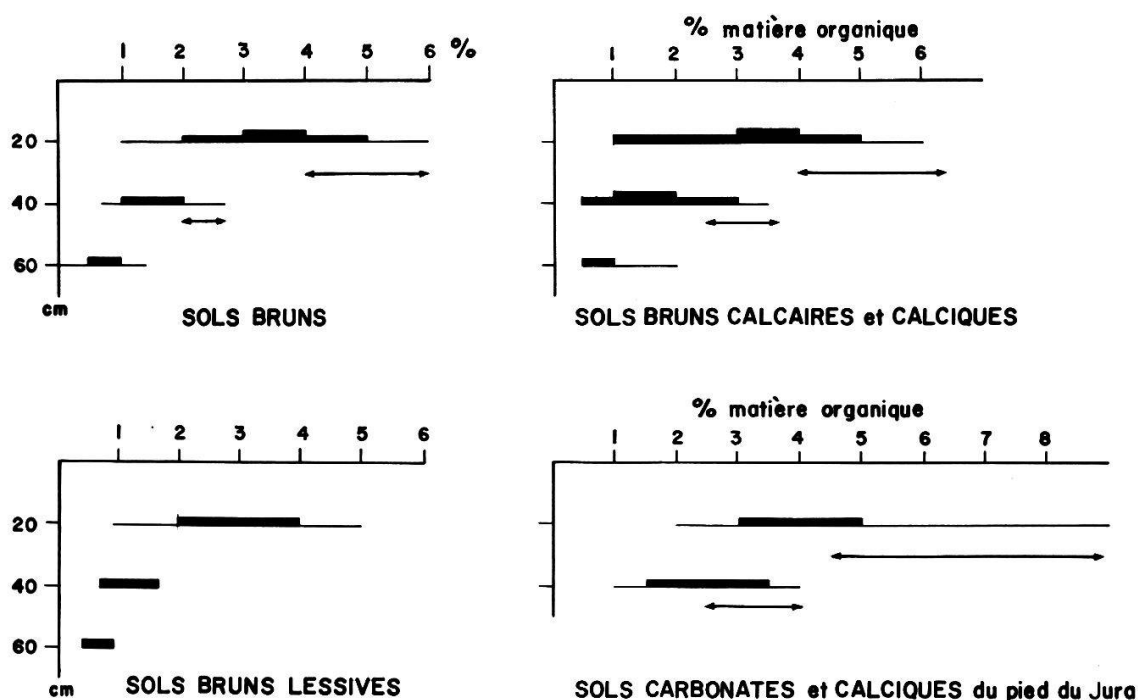


Fig. 44. – Distribution de la matière organique dans les principaux types de sols
 – l'épaisseur du trait indique la fréquence
 – le trait avec les flèches indique la fourchette dans laquelle se situent les prairies; on constate qu'elles correspondent aux sols à teneur en matière organique la plus élevée.

Les principales règles d'évolution seraient les suivantes (M. POCHON, 1979):

Dès qu'il existe un horizon A suffisamment acide, les végétaux extraient le potassium interfoliaire de l'illite qui se transforme soit en smectite* H, A, soit en interstratifiés* 10-14 m, la capacité d'échange augmente.

Dans les horizons B des sols acides et des sols lessivés, la transformation continue et les smectites sont dégradées en chlorite alumineuse: la capacité d'échange a donc tendance à diminuer, partiellement compensée par le gain d'argile illuviée* dans les Bt.

Ces transformations seraient ralenties en milieu hydromorphe.

Dans un sol rendocalcique sur fluvioglaciaire, l'héritage l'emporte (H. SPALTENSTEIN, 1979).

Nous avons observé une transformation de l'illite en smectite dans un sol brun sur calcaire du pied du Jura; sa capacité d'échange est élevée (40 me/100 g).

Dans la plupart des autres sols (bruns lessivés surtout) on est dans des situations intermédiaires. Il est alors difficile de déceler la part d'héritage et de transformation au niveau de chaque famille de minéral. Cette difficulté vient probablement du fait que la réserve importante en minéraux altérables fournit un éventail de formes ayant atteint différents degrés de transformation.

Le point commun à tous les profils est la diminution de l'illite de C vers A, particulièrement marquée dans les sols bruns acides et lessivés, à laquelle correspond un accroissement de la proportion d'autres minéraux argileux (interstratifiés et chlorite surtout).

2. Valeurs de la capacité d'échange

En règle générale la capacité d'échange augmente dans les horizons organiques, elle diminue dans les horizons lessivés A2, tandis qu'elle remonte dans les horizons Bt enrichis en argile par illuvation et dans les horizons C s'ils sont assez argileux ou limoneux. Dans les sols pauvres en argile elle reste basse. Les valeurs rencontrées dans les sols forestiers bruns et lessivés sont comprises entre 10 et 20 me/100 g, au niveau A/B pour une texture moyenne.

A titre de comparaison, les sols agricoles riches sur limon dans le Nord de la France ont une CEC de 20 à 25 me/100 g.

Les valeurs mesurées par la station agronomique de Changins dans les sols cultivés du plateau vaudois sont en moyenne supérieures à celles des sols sous couverture forestière: 15 à 25 me/100 g.¹⁾

La répartition géographique est nette:

les valeurs supérieures à 25 s'appliquent à des sols ayant plus de 3,5% d'humus et/ou 24% ou plus d'argile. Ce sont les sols du domaine stampien, des plaines de l'Orbe et de la Broye et du pied du Jura (riches en humus) en majorité calciques et calcaires;

les valeurs faibles se rencontrent dans le domaine des molasses gréseuses avec 15% d'argile et 2% d'humus dans la plupart des cas.

La fumure potassique, magnésienne et calcique devrait s'appuyer sur ces valeurs de CEC, de façon à éviter les pertes par lessivage – avec ses conséquences sur la pollution des nappes – et le gaspillage d'argent en engrais. Ces analyses étant trop longues et coûteuses pour les plans de fumure de chaque exploitation, on voit tout l'intérêt d'une étude raisonnée des principaux types de sol, qui fournit des modèles de référence à la pratique agronomique.

B Valeurs et rapports des principaux cations

Au préalable, nous donnons en référence les quelques valeurs repères comparatives tirées des résultats d'analyses des cartes pédologiques de France au 1:100 000^e qui nous ont servi de base d'appréciation. Il s'agit de valeurs, ou de fourchettes de valeurs moyennes, s'appliquant à des sols bruns normalement pourvus en cations. En réalité, comme le montre l'enquête M. CRAHET (1968), il faudrait être nuancé dans une telle appréciation puisque les chiffres traduisant une carence peuvent être très différents suivant le type de sol, en particulier la texture et le degré d'hydromorphie.

1) Mais la méthode d'analyse était différente pour les sols agricoles; extraction au chlorure de baryum.

valeurs en me/100 g de	Ca	Mg	K	Na
sols bruns cultivés (horizons Ap)	10-5	1,5	0,5	0,1-0,05
sols bruns forestiers	>1	0,8-0,2	0,4-0,1	0,1-0,05

1. Valeurs et rapports des principaux cations échangeables dans quelques sols forestiers du Plateau

– Déficits:

En sol ou horizon acide, toutes les valeurs sont faibles et l'insuffisance de Ca provoque des déséquilibres dont le plus significatif est l'augmentation du rapport Mg/Ca sur molasse décarbonatée.

Dans les horizons carbonatés, l'abondance de Ca rend les autres valeurs trop faibles. En horizon sableux, Mg et K sont faibles en raison de la faible CEC.

Dans les argiles de décarbonatation sur calcaire et dans les horizons Bt sur fluvioglaciaire, Mg et K ont des valeurs relativement faibles par rapport à la somme des bases (1 à 4%) malgré des valeurs absolues suffisantes.

Le potassium a partout des valeurs absolues faibles (voisines de 0,1 me/100 g, sauf dans le sol brun sur calcaire, mais il faut remarquer qu'il s'agit d'un sol argileux, donc plus exigeant en K (M. CRAHET).

– Surplus:

Dans les horizons molassiques à pH > 5 et moraine de fond à forte proportion de molasse broyée, Mg a des valeurs fortes (1,7 à 3,7 me/100 g) en relation avec la teneur en dolomie des molasses, ceci donne des rapports Mg/K élevés (9 à 12, tandis qu'un rapport normal est voisin de 3).

2. Valeurs des principaux cations dans les sols agricoles

(d'après les analyses de 250 profils par la station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins).

– richesse en Mg (> 2 me/100 g) (voir le tableau précédent comme base d'appréciation) elle est liée à la proximité de faciès dolomitiques, molasse stampienne et calcaire préalpin; sols des plaines de l'Orbe et du Rhône. Il faut remarquer que les sols bruns calcaires, surtout s'ils sont riches en K, seront plus exigeants en Mg (M. CRAHET).

– pauvreté en Mg (< 0,7, me/100 g).

C'est le cas le plus répandu; il est parfois lié à une faible CEC.

Elle se rencontre dans les sols pauvres en argile et plus ou moins acides: bruns acides et bruns lessivés, elle est donc plus fréquente dans le domaine burdigalien.

Dans les sols à pH élevé, on peut craindre que les faibles valeurs soient dues à l'inadaptation de la méthode d'extraction au type de sol.

– richesse en K (> 0,5 me/100 g)

Elle s'observe dans les sols de la plaine de l'Orbe et du pied du Jura, mais parfois avec un déséquilibre K/Mg

– pauvreté en K ($< 0,2$ me/100 g)

Elle s'observe dans différents types de sols, surtout bruns calcaires; les sols bruns pauvres en K sont fréquemment aussi pauvres en Mg.

II PARAMÈTRES PHYSIQUES DE LA FERTILITÉ

A Profondeur du sol et réserve en eau

La notion de profondeur du sol peut être considérée sous deux aspects qui se complètent.

Dans le sens pédogénétique, c'est la profondeur jusqu'où vont les transformations des matériaux géologiques, soit principalement la décarbonatation et la structuration: c'est la limite B-C (ou A-C).

Dans le sens agronomique et sylvicole, c'est la profondeur physiologique, ou tranche de terre utilisable par les racines, soit celle qui garantit la réserve en eau et fournit les éléments nutritifs aux plantes.

Ces deux profondeurs ne coïncident pas toujours, nous examinerons donc les différents cas:

- la profondeur physiologique est en gros égale à la profondeur pédologique lorsqu'on trouve sous le sol une roche assez dure (calcaire ou molasse gréseuse), ou un matériel sans réserve en eau (graviers fluvioglaciaires), ou une couche trop riche en carbonate, (ce qui induit des blocages chimiques: craie lacustre), ou une roche meuble compactée comme la moraine de fond.
- la profondeur physiologique est inférieure à la profondeur pédologique lorsqu'une partie de l'épaisseur du sol est engorgée par l'eau; c'est le cas des gleys et, pour une partie de l'année, des pseudogleys. C'est le cas aussi lorsque le volume utilisable par les plantes est réduit par l'abondance des cailloux dans les horizons A et B.
- la profondeur physiologique est supérieure à la profondeur pédologique lorsque le sous-sol peut contribuer à l'alimentation en eau des plantes, les racines descendant dans l'horizon C; c'est le cas des mélanges moraino-molassiques et des moraines ni trop tassées, ni trop graveleuses. Ainsi, certains sols d'érosion peu épais, de type A-C, ont une réserve en eau supérieure à celle que fournirait le seul horizon A. Un autre phénomène intervient probablement, c'est la remontée capillaire par les micropores des sols sur la molasse marneuse et la moraine de fond, la seconde étant généralement plus humide mais restituant moins bien son eau.

Pour simplifier l'estimation de la réserve en eau, dans les sols sur moraines, on peut dire que: dans la moyenne des sols agricoles, à un degré croissant d'évolution correspond aussi une épaisseur croissante de sol utile (figure 8b). La capacité de rétention en litres/m² correspondant à la réserve en eau facilement utilisable* (RFU mesurée entre pF*2 et 4) est sensiblement égale à la profondeur physiologique mesurée en cm.

Aussi:

les sols superficiels carbonatés auront une capacité de rétention inférieure à 40 l/m²;

les sols bruns calcaires à calciques auront une capacité moyenne de 40 à 70 l/m²;

les sols bruns et bruns lessivés auront de 70 à 120 l/m² voire davantage.

Nous avons mesuré sur le sol brun à pseudogley de Bercher (figure 23) les paramètres hydriques suivants, soit:

30% d'eau à la capacité au champ et 18 à 22% d'eau au point de flétrissement temporaire. La différence représente la réserve en eau facilement utilisable; dans ce cas elle est donc d'environ 10% du volume soit 100 l au m³ ou 100 l pour 100 cm de sol.

Ceci n'est pas applicable aux sols colluviaux qui sont souvent plus profonds. Cette échelle d'estimation est valable pour les sols à texture moyenne. En sol sableux ou caillouteux, ces valeurs doivent être diminuées.

B Bilan hydrique et irrigation

Le bilan hydrique est égal à la somme des précipitations P moins l'évaporation par le sol et les plantes (évapotranspiration ETP)

L'évapotranspiration se mesure de différentes façons (voir F. CALAME, 1977; B. PRIMAULT, 1972). P et ETP s'expriment en mm d'eau; 1 mm correspond à 1 litre d'eau par m².

Le bilan hydrique a été étudié par CALAME pour la région de Genève, de 1901-1970, par périodes de 10 jours, d'où il ressort que:

– En année moyenne le bilan est légèrement déficitaire dès le mois de mai (environ 50 mm). Les précipitations de la 2^{ème} quinzaine de juin comblent généralement ce déficit. Suit un nouveau déficit ETP qui atteint son maximum fin août. Toutes les années ne se ressemblent pas, le déficit cumulé peut varier de 50 à 300 mm. Ces extrêmes représentent des années d'exceptionnelle sécheresse ou pluviosité, dont la fréquence est donnée par le tableau ci-après:

sur 10 années nombre d'années	déficit ETP cumulé mm
1	300
2	220
4	140
2	100
1	050

Ceci signifie que 7 année/10 le déficit est inférieur à 140 mm

que 2 année/10 le déficit peut atteindre 220 mm

que 1 année/10 le déficit peut atteindre ou dépasser 300 mm

– Ces valeurs sont applicables au pied du Jura et dans la plaine du Rhône. Dans les autres parties du canton, les valeurs d'ETP sont inférieures puisque la pluviosité est plus grande et la température plus basse.

Il faut souligner que le calcul ETP d'après l'auteur donne des valeurs qui s'appliquent à une prairie; il convient d'introduire un facteur supplémentaire de correction K qui dépend de tout type de culture autre que la prairie.

Le déficit n'a de réelle influence sur la croissance des végétaux que lorsqu'il est supérieur à la réserve en eau du sol. Nous pouvons estimer, sur le plateau vaudois, que les cultures sur sols superficiels (RFU 40 à 50 mm) souffrent de la sécheresse 5 à 8 ans sur 10, alors que sur les sols profonds, la sécheresse fera sentir ses effets moins de 3 ans sur 10. Dans ces conditions, la mise en place d'un système d'irrigation ne se justifie guère financièrement que sur les sols superficiels.

C Stabilité de structure

La destruction de la structure dans la couche superficielle du sol provoque un défaut d'aération, une difficulté d'écoulement de l'eau et un compactage qui gênent le développement normal des racines. Les pires conditions sont réunies lors d'un dégel par temps de pluie.

Les facteurs qui diminuent la stabilité sont:

- l'abondance de limon, surtout fin (deux fois plus dispersant que le limon grossier)
- de faibles teneurs en matière organique, en calcium échangeable et en argile

Le remède consiste à augmenter les restitutions organiques (engrais vert, prairies temporaires, pailles enfouies...), à limiter les façons superficielles, éventuellement à chauler.

L'instabilité structurale (Is) se mesure d'après le test de HENIN; plus la valeur Is est élevée et plus le sol est instable. Les terres battantes* ont un $Is \geq 2,5$ dans l'horizon Ap.

Les indices Is les plus élevés que nous ayons mesurés sont localisés dans les sols issus de la moraine de fond, avec ou sans pseudogley dans le domaine aquitain (ils vont de 3,5 à 23, horizons Bg et C).

A défaut de mesure par le test HENIN on peut appliquer une formule qui s'en inspire et calculer un indice de battance R.

$$R = \frac{1,5 \text{ limon fin } \% + 0,75 \text{ limon grossier } - C}{\text{Argile } \% + 10 \text{ mat. org. } \%}$$

(dans REMY et MARIN-LAFLECHE, 1974)

C = facteur de correction en sol alcalin
 pH > 7 C = 0,2 (pH-7)
 pH = 7 C = 0

R > 2 très battant
 R 1,8 à 2 battant
 R 1,6 à 1,8 assez battant

Le calcul de l'indice de battance R révèle que les sols battants ont à peine 2% de matière organique et au moins trois fois plus de limon que d'argile. Parmi ceux-ci on a trouvé des sols tachetés bruns lessivés du domaine aquitain et des sols limono-sableux avec très peu d'argile; leurs pH sont compris entre 5,5 et 6,5. Les sols battants sont en faible proportion, mais les sols qui voisinent la limite de 1,4 (un peu battant) sont fréquents, ce qui signifie que, si leur réserve en matière organique vient à baisser, cet inconvénient apparaîtra.

D Porosité et tassement

Le passage des tracteurs, lorsque la terre est à une humidité supérieure ou égale à la capacité au champ, provoque un tassement. Les sols silteux et limono-argileux sont les plus sensibles.

Quelques mesures effectuées par J. NEYROUD (1978) sur un sol limoneux montrent que le tassement augmente la densité apparente (de 1,4 à 1,65); parallèlement, la porosité au prélèvement passe de 20 à 7%, le coefficient de perméabilité diminue de 10 à 20 fois.

Le tassement se fait au détriment des pores de plus grandes dimensions, la réserve en eau facilement utilisable diminue d'au moins 10%.

E Perméabilité et drainage

1. Gleys et pseudogley

Dans les sols hydromorphes, la profondeur des drains est déterminée en fonction du niveau auquel on veut ramener le plan d'eau, de façon à permettre aux cultures l'enracinement dans une zone aérée (cette profondeur est en général de l'ordre du mètre).

L'écartement des drains est basé sur le coefficient de rabattement de la nappe (cas d'une nappe profonde) ou sur la vitesse d'infiltration qui est fonction de la perméabilité du sol. Plus la perméabilité est faible, plus les drains devraient être rapprochés (un calcul de rentabilité est nécessaire). On trouvera en annexe quelques valeurs tirées de A. MUSY (1973) et pratiquées à la Côte sur moraine de fond, dans les sols qui reçoivent l'appellation locale de «diot» (bruns calciques à bruns lessivés à pseudogley, de texture silteuse et limono-argileuse);

Drains enterrés		sous-solage*	
écart entre 2 files	15-20 m	écart entre 2 galeries	1,2 m
profondeur	0,9-1,3 m	profondeur moy.	0,6 m
diamètre drain	8-10 cm	galeries d'une dizaine de cm Ø	
pente	1,5-3%	exutoire nécessaire	
prix global moyen	> 4500 F/ha		1800 F/ha
durée d'efficacité	30 à 50 ans		8 à 15 ans

NB: La rentabilité des deux systèmes ne peut se comparer que sur la base des gains en accroissement de rendement, plus le sol est humide et moins le sous-solage est valable.

Le drainage des gleys est généralement sans efficacité; celui des pseudogleys ne se justifie que s'il permet une diversification des cultures, ce qui n'est guère possible qu'en dessous de 650 m d'altitude.

2. *Les tourbes*

Le drainage des marais a entraîné une diminution d'épaisseur des tourbes. Une fois le niveau de la nappe abaissé, l'humus brut de la tourbe émergée est transformé par les bactéries aérobies en humus doux, lequel occupe un volume moindre; à quoi s'ajoutent l'effet de tassement physique dû à l'assèchement et l'érosion éolienne de cette terre légère. Au bout d'un temps variable (en certains endroits la surface s'est abaissée de 1 m depuis 1940), les drains sont à nouveau proches de la surface, donc inefficaces et l'ouvrage doit être recommencé. A cela s'ajoute un phénomène de colmatage des drains par des gels de fer calciques (J.-F. JATON, 1977). Là où la couche de tourbe est moins épaisse et surmonte une craie lacustre, celle-ci apparaît alors en surface. Cette craie, ou tuf, composée de carbonate de chaux presque pur, est un milieu impropre à la culture.

3. *Les mouilles :*

Ronds d'humidité temporaire ou permanente, elles sont dues à un excès d'eau localisé; pouvant se répéter plusieurs fois dans une même parcelle elles gênent la grande culture. Elles font parfois leur apparition à la suite de suppression de haies ou de bosquets. Les mouilles correspondent à des venues d'eau par résurgence, suintement de nappe sur pente ou en pied de talus, présence d'un niveau ou d'une lentille imperméable à faible profondeur en terrain plat.

Les mouilles de pente sont souvent liées à des glissements de terrains. Les mouilles sur forte pente ne gênent généralement pas la culture; l'eau peut être captée pour abreuver le bétail. Sur faible pente labourée, leur drainage est possible. En terrain plat, le drainage est peu efficace par défaut d'exutoire. Lorsqu'il s'agit de légères cuvettes, la meilleure solution consiste à les combler par un apport de terre perméable.

III APPRÉCIATION DU POTENTIEL DE FERTILITÉ DES DIVERS TYPES DE SOLS

A *Principes généraux*

L'appréciation du potentiel de fertilité d'un sol repose sur la possibilité de diversification des cultures (R. HAEBERLI, 1968 et 1971). Un sol est jugé d'autant plus fertile qu'on peut y faire un plus grand nombre de cultures avec des rendements suffisants. Il faut aussi tenir compte du fait qu'un sol peut, dans certains cas, avoir une vocation plus marquée pour une

culture en particulier, sans pour autant être apte à une diversification (exemple des sols bruns acides sableux du Jorat favorables à la culture de la pomme de terre. Cela revient principalement, dans un sens négatif, à noter les facteurs limitants qui empêchent ou gênent certaines cultures – ou, spécifiquement, dans un sens positif, à donner une note d'appréciation au sol pour chaque type de culture envisagée.

1. *Facteurs limitants absolus:*

Très fortes pentes et relief très irrégulier: seuls les prairies permanentes sont possibles, les bois sont difficilement exploitables; exceptionnellement, lorsque les conditions climatiques le permettent, des cultures spéciales telles que la vigne sont possibles.

Affleurement de roche dure

Hydromorphie permanente là où les drainages sont inefficaces: seule la prairie permanente extensive est possible.

2. *Caractéristiques défavorables:*

Pentes moyennes ou irrégularité; lorsque la pente est comprise entre 10-20%, des difficultés d'utilisation des grosses machines sont déjà probables. Dès 20% de pente moyenne, on retrouve d'anciens systèmes de terrasses de cultures. Leur largeur était souvent égale à 20 m, un multiple de l'essaim du semeur (5 m), ($20 \times 200 \text{ m} = 1 \text{ pose}$). Elles ne sont pas adaptées aux machines actuelles, aussi a-t-on tendance à supprimer les talus qui les séparent en risquant de mettre en affleurement un banc rocheux. Il semble qu'à l'étage collinéen leur meilleure utilisation serait les vergers.

Profondeur insuffisante du sol (moins de 50-60 cm): elle diminue la réserve en eau et les possibilités d'enracinement des plantes.

Charge en cailloux importante: lorsqu'ils recouvrent 10% et plus de la surface du terrain, on rencontre des difficultés de cultiver les sarclées et l'usure des machines est plus importante. De plus, une charge importante en cailloux est très souvent liée à un sol peu épais.

Textures extrêmes: les textures trop légères, généralement liées aux sols bruns acides ou aux sols rendziniformes, et celles trop lourdes, liées aux sols hydromorphes, sont défavorables par défaut d'alimentation en eau ou par manque d'aération.

Drainage insuffisant: il limite la profondeur physiologique une partie de l'année.

Teneurs élevées en calcaire $> 25\%$: elles ont une influence sur le choix des espèces forestières et horticoles, des plants de vigne (résistants à la chlorose) et, dans les grandes cultures, sur le type de fumure à adopter afin d'éviter les carences. Ces teneurs élevées se rencontrent souvent dans des sols d'érosion qui présentent d'autres défauts.

L'appréciation du potentiel de fertilité d'un sol tient compte également des caractéristiques climatiques qui conditionnent aussi la gamme des cultures possibles (K.F. SCHREIBER, 1968). Un sol médiocre est plus intéressant à l'étage collinéen inférieur (doux) qu'à l'étage supérieur (frais), mais les productions doivent rester diversifiées à chaque niveau thermique. (Nécessité des rotations culturales). Lorsque la contrainte climatique augmente (par exemple avec l'altitude), la diversification des cultures est plus difficile. Dans ce cas, la nature du sol joue un rôle secondaire dans l'appréciation du potentiel de fertilité.

B Aptitudes culturales et fertilisation des différents types de sols.

1. Sols peu évolués

Ce sont des sols superficiels (moins de 40 cm), leur réserve en eau est insuffisante, ils ont souvent un excès de cailloux. Les pararendzines présentent une teneur en calcaire actif comprise en moyenne entre 15 et 30% de celle en calcaire total (P. ROD, 1974). La teneur en calcaire actif joue un rôle important dans le pH et l'équilibre nutritionnel des végétaux. Lorsque le pH dépasse 7,5, on peut s'attendre à des déséquilibres d'alimentation en phosphore et en soufre. La carence en P a été observée sur maïs cultivé sur pararendzine molassique dans la région d'Orbe.

Le calcaire actif ralentit la minéralisation de l'humus; donc l'alimentation azotée des plantes dépend presque exclusivement de la décomposition de la matière organique fraîche. Celle-ci est si rapide que les pertes par entraînement peuvent être importantes; la fumure azotée de complément devrait être fractionnée.

En pente, les sols rendziniformes sont pâturés (pré maigre séchard: *Arrhenatheretum* à sauge et bromnaie à esparcette); en terrain peu accidenté, les sols rendziniformes sont labourés et le rendement des cultures est fréquemment médiocre (pied du Jura). Ces sols se retrouvent également en inclusions dans le Gros de Vaud et à la Côte où ils entraînent une diminution du rendement moyen des parcelles.

Malgré leur roche-mère limoneuse et moins graveleuse, les pararendzines d'érosion sur moraine de fond présentent des propriétés physiques défavorables; leur horizon C, très tassé naturellement, présente une faible porosité et se durcit à l'état sec; les cultures restent à l'état nain, ne pouvant développer normalement leur système racinaire.

2. Sols à horizon B de structure

Les sols bruns calcaires ont une profondeur variable, généralement moyenne (60 cm), parfois dépassant 1 m dans les types colluviaux.

Les sols bruns calcaires ou calciques dérivant des molasses marneuses allient avantages et inconvénients du fait de leur proportion élevée d'éléments fins (0-20 cm). Leur capacité d'échange est élevée (argiles

gonflantes); ils sont donc fertiles et en plus bien structurés, mais difficiles à travailler. Gorgés d'eau en période humide, ils présentent des fentes de retrait en période sèche qui peuvent rompre les racines (caractère verticale). Le labour d'hiver serait préférable pour laisser les mottes s'effriter. En labourant au printemps on prend le risque de rendre cette fragmentation difficile en cas de sécheresse précoce.

Le taux de matière organique est généralement élevé dans ces sols, surtout lorsqu'ils sont colluviaux; mais là où la molasse marneuse affleure il y aurait intérêt à relever le taux d'humus afin d'améliorer l'émiettement du labour. Un minimum de 3% de matière organique doit être conservé.

Ces sols sont sensibles au tassement malgré leur bonne structure (il y a toujours assez d'argile, d'humus et de calcaire pour contrebalancer l'effet dispersant du limon fin). Le passage des engins lourds doit donc être limité au maximum en période humide.

Les pailles enfouies se décomposent lentement (1 an 1/2) ce qui peut entraîner un blocage d'azote, surtout en terre tassée où la semelle de labour prend parfois une couleur gris-verdâtre.

Les luzernes viennent particulièrement bien sur ces sols mais les passages répétés du tracteur, avec la pratique de l'ensilage, est souvent contre-indiquée.

Ces sols sont les mieux pourvus en magnésium à cause de la nature dolomitique d'une partie des carbonates; mais le pH élevé, en particulier dans les régions d'Orbe et de Goumoens-le-Jux, oblige à surveiller le taux d'acide phosphorique. Il convient de signaler le cas, rapporté par un agriculteur, de prise en masse (destruction momentanée de la structure) après un fort apport de potasse, phénomène de thixotropie lié à la nature des argiles (groupe de montmorillonite cf GAUCHER, 1968).

Les sols bruns calcaires ou calciques sur moraine de fond sur l'étage stampien se rapprochent, en moins bien structurés, des sols analogues dérivés des molasses; ce sont aussi des sols lourds à bonne vocation pour le blé, mais la présence de l'horizon Cg tassé, à profondeur moyenne, a souvent obligé à drainer. La faible porosité de la moraine freine l'écoulement de l'eau et il est probable qu'une partie des engrais soit entraînée par ruissellement en période humide. La nature surtout illitique des argiles peut laisser craindre une rétrogradation potassique s'il n'y a pas assez d'humus pour y faire écran. Ces sols s'améliorent là où la moraine a été remaniée et structurée sur une plus grande épaisseur.

3. Sols à horizon (B) peu épais

Les sols bruns calciques et bruns peu épais du Pied du Jura ont des avantages qui ne compensent pas leurs inconvénients.

A cause du manque de profondeur et de la forte charge en cailloux, leur réserve en eau est insuffisante, sauf localement lorsqu'ils sont

colluvionnés. En revanche, leur teneur en humus est plus élevée que dans les autres sols. L'analyse d'une terre de décalcification sur calcaire crétacé a montré la richesse de son complexe absorbant et sa capacité d'échange élevée, à cause de la teneur élevée en matière organique et de la nature smectitique de ses argiles. L'activité biologique y était d'ailleurs très grande et variée.

Dans ces sols riches en matière organique, appelés aussi mélanisés, le C/N est bas comme dans les sols carbonatés, mais il se pourrait que l'azote soit sous forme insolubilisée dans des noyaux aromatiques (isohumisme). Dans ce cas le taux annuel de minéralisation de l'azote serait faible et l'apport d'engrais azoté nécessaire, surtout lors de l'enfouissement des pailles (pauvres en azote $C/N > 50$).

4. Sols à horizon (B) assez épais

Les sols bruns eutrophes et mésotrophes sont équilibrés dès qu'ils atteignent une épaisseur suffisante (plus de 60 cm). A l'ouest du canton, ils sont parfois assez caillouteux; à l'est du canton, ils ont une tendance hydromorphe, comme les sols bruns lessivés auxquels on les trouve associés. Dans les domaines aquitanien et burdigalien, ils sont plus légers et leurs propriétés les rapprochent des sols bruns acides.

Les sols bruns acides sont d'autant plus pauvres qu'ils ont moins de limon. Leur capacité d'échange est faible par manque de colloïdes; le seul moyen de l'élever est d'accroître les restitutions de matière organique (objectif 3% au moins). Lorsque le taux de saturation en bases est faible, le chaulage permet de regarnir le complexe absorbant en calcium. A titre indicatif, on compte 2000 kg de chaux à l'ha pour remonter le pH d'une unité en sol limono-sableux; mais les apports doivent être faits par petites doses, afin de ne pas créer de nouveaux déséquilibres.

Dans les sols bruns limono-sableux plus ou moins faiblement lessivés du domaine aquitanien, à tendance acide, le manque d'agrégats construits (abondance de sable et pas assez d'humus) entraîne un tassement à faible profondeur. Leur faible CEC peut rapidement amener à une carence en K avec la culture du tabac. Le manque d'agrégats les rend également sensibles au ravinement par érosion même sur des pentes faibles. Dans ce cas on devrait éviter les cultures laissant à nu une bonne partie du sol (à fortiori leur répétition pendant plusieurs années de suite) et ne pas labourer dans le sens de la plus grande pente.

Ce sont ces mêmes types de sols, un peu plus limoneux, qui sont sensibles à la battance. Dans ce cas l'introduction de prairies temporaires dans l'assolement a un effet bénéfique, tandis que les cultures sarclées ont un effet dégradant; ces phénomènes sont justement présents dans les zones où ces cultures prennent une place importante dans l'assolement (maïs pour ensilage et tabac).

5. *Sols lessivés*

Les sols bruns lessivés sont parmi les plus profonds, leur réserve en eau est donc toujours suffisante.

Dans le domaine stampien occidental, ils sont encore assez riches en bases, mais parfois assez graveleux dès une profondeur de 30 ou 50 cm. Leur charge en cailloux a l'avantage relatif d'éviter l'apparition d'une légère hydromorphie en facilitant le drainage.

Dans les domaines aquitainien, burdigalien et stampien oriental, la teneur en bases diminue, la tendance à l'hydromorphie se généralise à profondeur moyenne (pseudogley modéré dès 50-60 cm), la présence de moulles est fréquente (cf drainage) un peu partout.

L'horizon A2 des sols bruns lessivés et lessivés est mal structuré même lorsqu'ils ne sont pas battants. A ce défaut s'ajoutent une faible porosité totale (40%) et une perméabilité diminuée qui peuvent favoriser le ruissellement sur pente. La relative compacité de l'horizon Btg peut entraîner la stagnation de l'eau avec une anaérobiose de printemps qui nuit à la nutrition azotée.

Dans les sols lessivés, le contraste entre A2 et Bt s'affirme. L'horizon A2 est appauvri, son taux de saturation est faible surtout sous forêt où le pH est franchement acide. La culture tend à malaxer le A2 avec la partie supérieure du Bt, ce qui est un avantage dans la mesure où le taux d'argile du Ap est plus élevé que celui de l'ancien A2, mais à condition de ne pas trop abaisser le taux d'humus par un labour trop profond.

Finalement la capacité d'échange des sols bruns lessivés de culture est du même ordre que celle des sols bruns.

6. *Sols hydromorphes des plaines et marais drainés*

Les pseudogleys calciques brunifiés sont localisés sur les alluvions fines arrachées aux marnes molassiques. Ils possèdent une très bonne structure stable à cause de leur teneur assez élevée en matière organique et en calcium. Ces sols convenaient à la production herbagère et au pacage; leur drainage a permis d'en faire de bons sols betteraviers et céréaliers. La nappe profonde permet une alimentation constante en eau sans gêner la respiration des plantes.

Les sols hydromorphes plus ou moins organiques, tourbes calciques et gleys à anmoor, ont un potentiel de production variable. Non drainés, ils ont un potentiel faible. Après drainage, les tourbes épaisses peuvent être cultivées en maïs et maraîchages; mais, dans les tourbes peu épaisses sur craie lacustre, on voit apparaître des symptômes de carence (en magnésie sur le maïs).

Les gleys ou pseudogleys à anmoor ont une forte plasticité qui leur donne une consistance «gommeuse». Les débris végétaux enfouis mettent longtemps à se décomposer. L'engorgement par l'eau n'a pas pu être

supprimé malgré les efforts de drainage et les cultures souffrent en année humide. Le manque d'aération bloque l'assimilation de l'azote ce qui induit des carences en chaîne. A moins de contrôler la hauteur de la nappe comme dans les plaines de l'Orbe et de la Broye, il apparaît difficile de proposer un remède lorsqu'il s'agit de petites surfaces en creux englobées dans des parcelles à sols bruns lessivés. L'efficacité du drainage ne se fait sentir que dans la zone où le limon humifère est assez épais sur la couche à gley ou pseudogley; encore faut-il prévoir que l'épaisseur de la couche humifère tendra à diminuer par tassement et minéralisation!

C Potentiel global de fertilité et adaptation des cultures aux principaux types de sols.

Nos observations de terrain et les informations tirées de la littérature nous permettent de donner ci-contre un tableau présentant, pour chacun des principaux types de sols, l'appréciation de son potentiel de production ainsi que les possibilités d'adaptation des différentes cultures (figure 45).

A l'intérieur de la fourchette d'appréciation de potentiel, un type de sol se trouvera avantagé ou défavorisé selon des critères pédologiques et climatiques.

– Chaque type de sol recouvre plusieurs sous-types différenciés par des variations souvent mineures de texture, d'épaisseur et de teneur en cailloux... Les types de sols sont représentés sur la carte par des couleurs, les sous-types par des trames ou symboles superposés aux couleurs. Ces derniers ne sont cartographiés que lorsque leur extension ou leur importance le justifie.

Les sous-types de sols du groupe I les moins caillouteux et les plus épais ont un potentiel situé vers l'extrémité droite de la double flèche.

Les sous-types sableux du groupe I et ceux plus argileux du groupe III ont un potentiel situé vers l'extrémité gauche de la double flèche.

– Un même type ou sous-type de sol peut présenter des différences de potentiel selon les conditions du climat local (voir III A), et les caractéristiques particulières de l'année considérée (symbole C dans le tableau).

POTENTIEL GLOBAL DE FERTILITE					PRINCIPAUX TYPES DE SOLS		ADAPTATION DES CULTURES									
GROUPES	MAUVAIS	MEDIOCRE	MOYEN	BON	TRES BON		BOIS PRODUIT LIGNEUX	PRAIRIES PERMANENTES	PRAIRIES ARTIFICIELLES	ORGE	BLE COLZA	POMMES DE TERRE	BETTERAVES	MAIS	CULTURES FRUITIERES	CULTURES MARAICHIERES
I	SOUFFRANT DE LA SECHERESSE	→	→	→	→	→	PEU EVOLUES D'EROSION OU D'APPORT RENDZINES ET INTERGRADES	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-
								(-)	-	C	C	-	-	-	-	-
II	EPAISSEUR ET RESERVE EN EAU SUFFISANTES	→	→	→	→	→	BRUNS ET BRUNS CALCIFIQUES SUPERFICIELS	(-)	C	C	C	-	-	-	-	-
								+/-	+	+/-	+	S	S	C	+/-	-
									+	+	+	+	+	+	+	+/-
								+	+	+	+	S	+	+	+	+
								+	+	+	+	+	+	+	+	+
								+/-	+	+/-	-	+	+	+	+	+
III	SOUFFRANT DE L'HUMIDITE	→	→	→	→	→	BRUNS A PSEUDOGLEY PSEUDOGLEYS NON OU MAL DRAINES GLEYS NON OU MAL DRAINES PSEUDOGLEYS ET GLEYS DRAINES TOURBES EPAISSES DRAINEES	+	+	+	-	C	-	C	-	-
								+/-	+	-	-	-	-	-	-	-
								-	-	-	-	-	-	-	-	-
								+/-	+	C	C	-	-	C	-	-
IV	ALIMENTATION EN EAU VARIABLE	→	→	→	→	→	ALLUVIAUX CALCIMORPHES	-	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
								+/-	+	S	-	-	-	C	-	+

+ Sols favorables à la culture considérée

(+) Rendement de la culture favorable mais présentant des risques quant à la conservation du sol

+/- Rendement favorable si l'espèce est adaptée aux caractéristiques particulières du sol

c Rendement suffisant si les conditions de température et de pluviosité de l'année sont favorables - année relativement humide pour les sols du groupe I et année à faible pluviosité pour les sols du groupe III

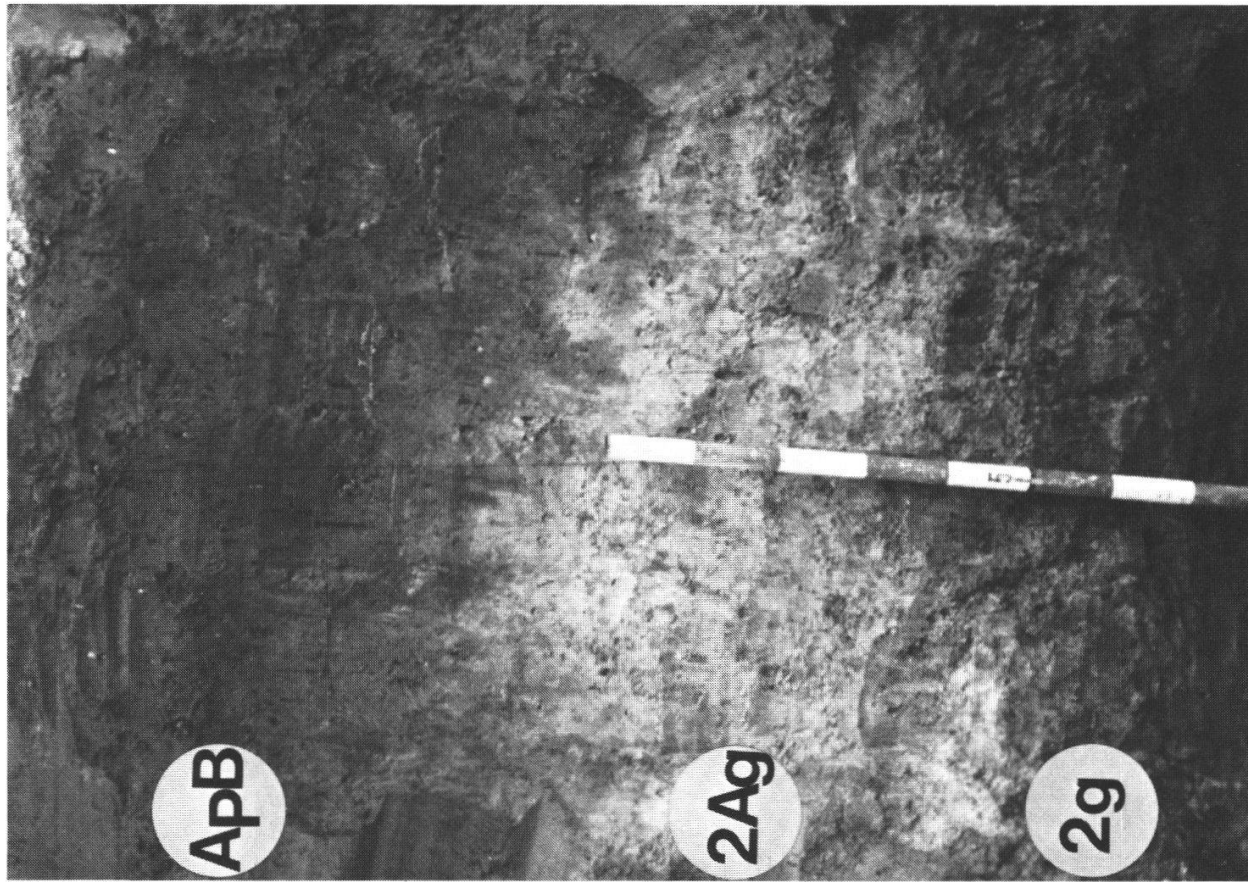
s Rendement suffisant si le sous-type de sol convient à la culture (variations de texture)

(-) Rendement faible correspondant souvent à l'utilisation la plus judicieuse du sol

- Sols défavorables à la culture considérée

CASE VIDE manque d'informations.

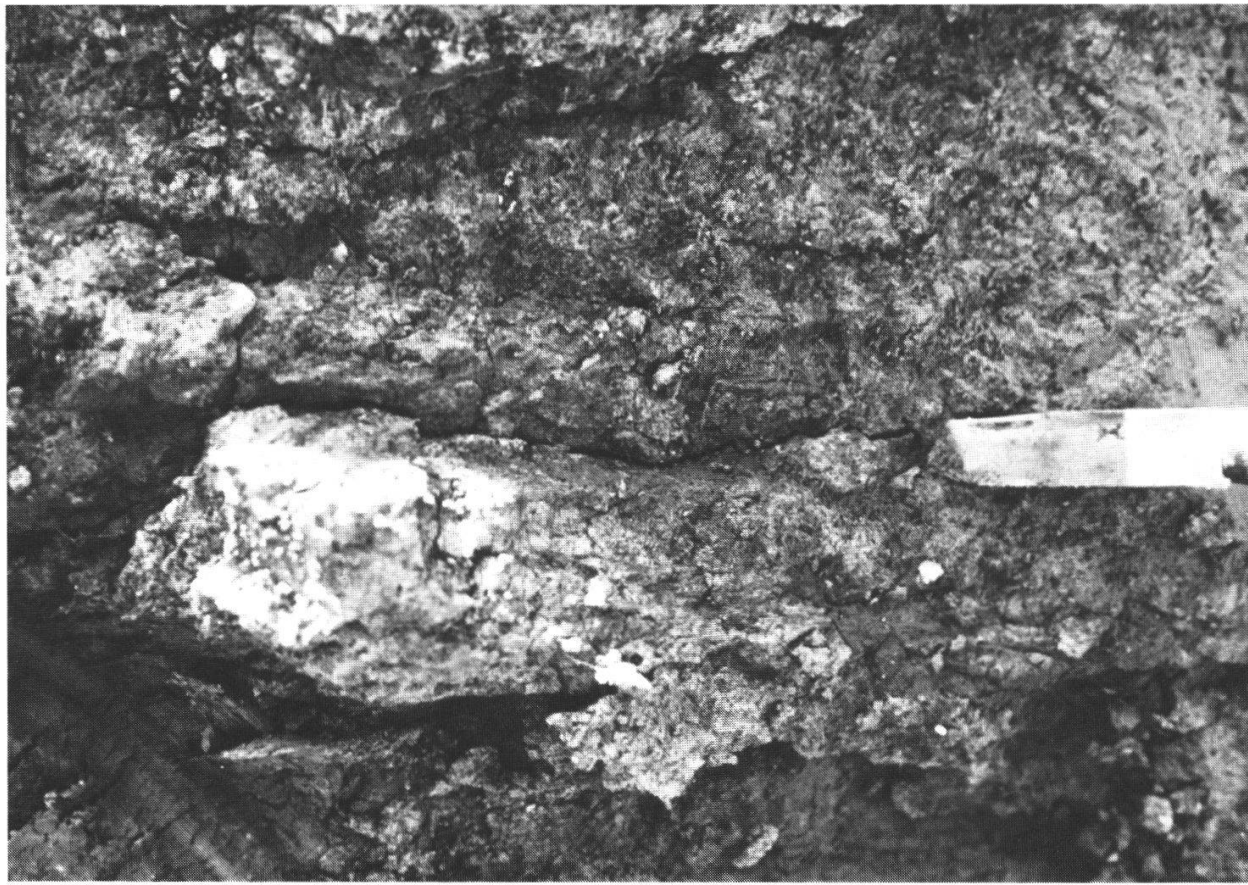
Fig. 45. - Potentiel global de fertilité des principaux types de sols et adaptation des cultures. La double flèche indique l'amplitude de variation du potentiel, le trait n'est épaissi que pour indiquer dans quelle catégorie de «potentiel» se trouve la majorité des sols de ce type.



3. Pseudogley dégradé, enfoui (Thierrens)

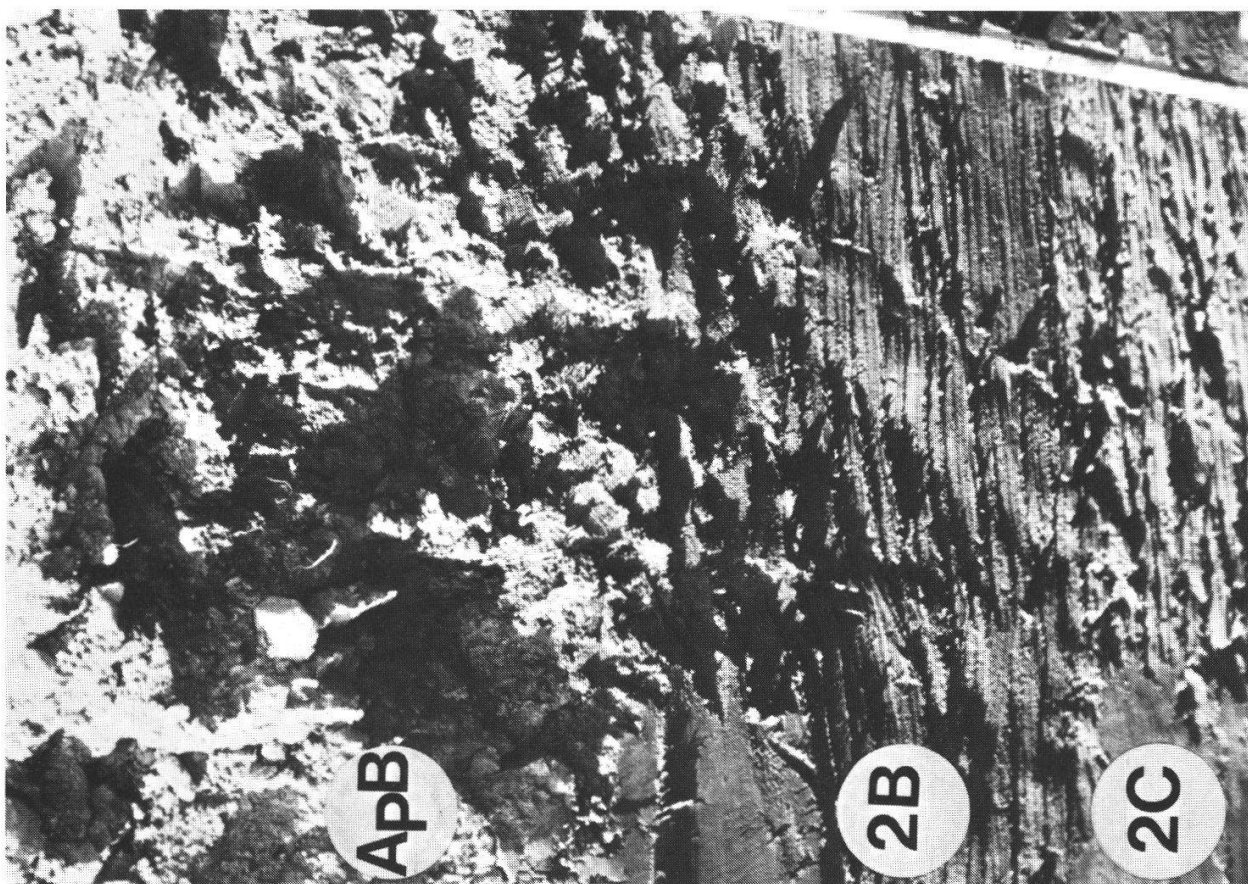
Ap-B colluvions sablo-limoneuses

2 Ag ancien horizon de surface blanchi et durci, limono-sableux
2 g couleur rouille orangée (7.5 YR 5/6) avec glosses blanchâtres de A₂g, un peu plus argileux, tassé.



4. Prismes d'un sol brun calcaire vertique dérivé de molasse marneuse, horizon B (Suchy).

On remarquera que les fentes sont soulignées par des descentes de matière organique.



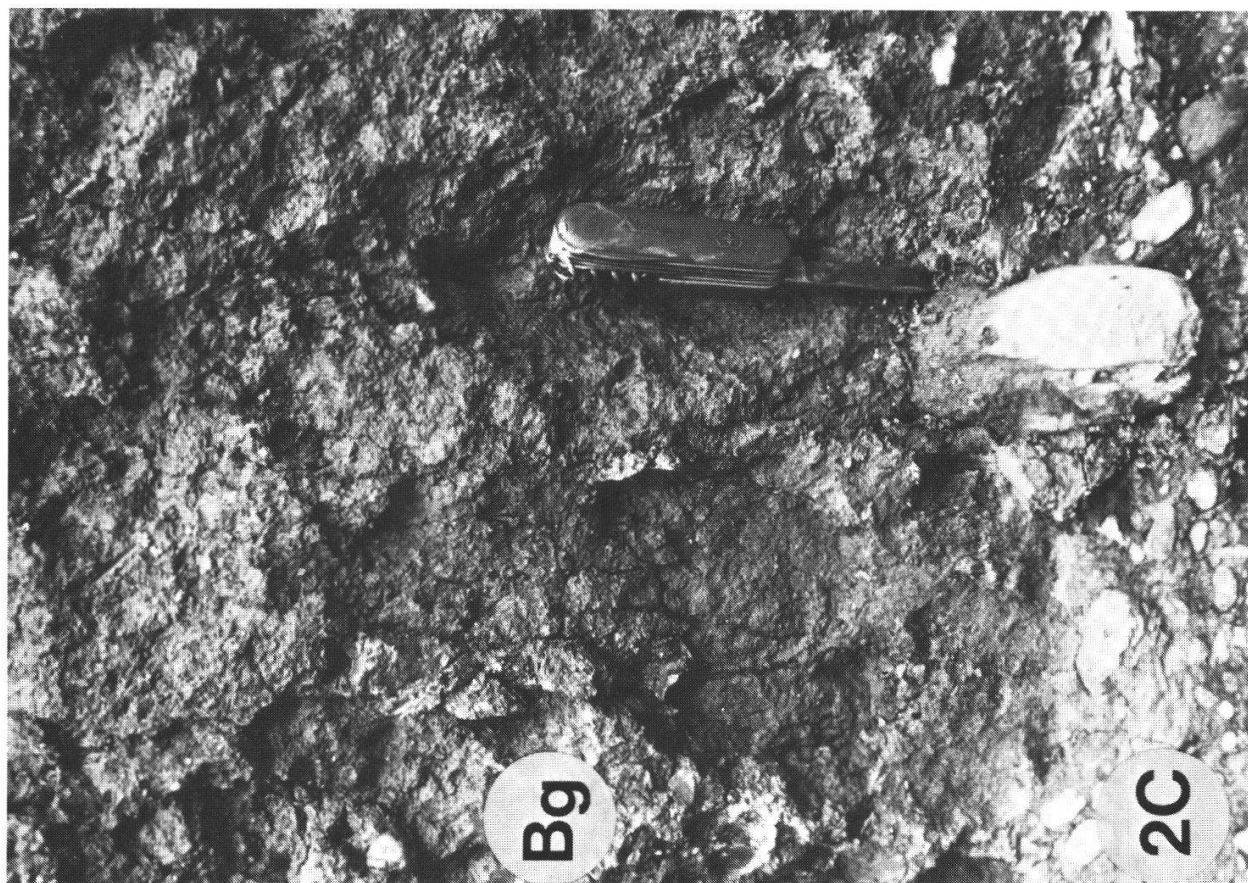
1. Sol brun à roche mère composite (Suchy)

1 Ap-B moraine à cailloux alpins

2 B molasse gréseuse décarbonatée

2 C molasse gréseuse en voie de décarbonatation

on distingue encore la structure lenticulaire d'origine du grès molassique.



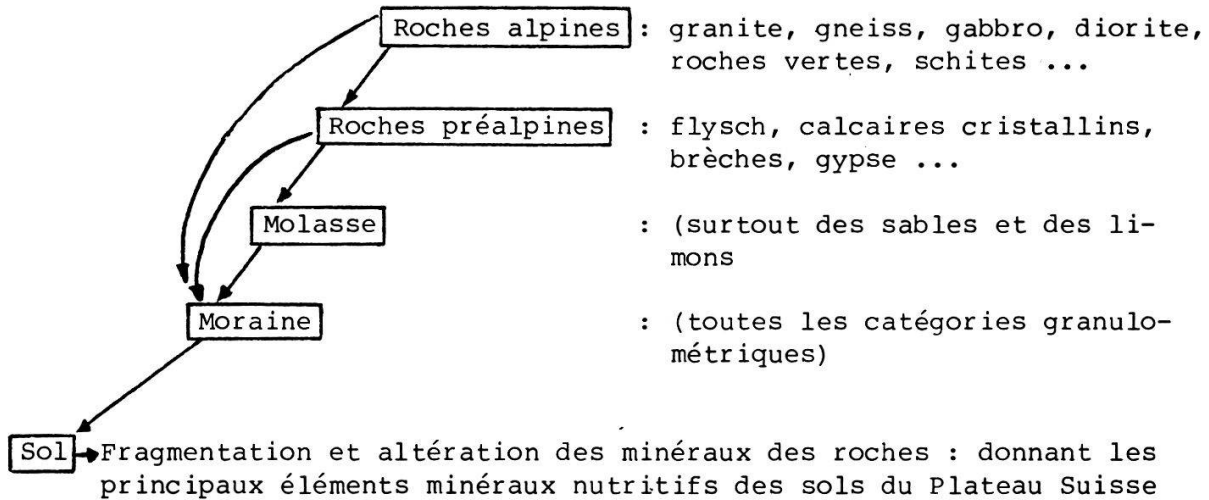
2. Base d'un pseudogley brunifié (Bavois)

Bg colluvions limono-argileuses décarbonatées, dérivant de la moraine de fond et datant de l'âge du bronze

2 C alluvions locales d'un petit ruisseau remaniant des cailloux morainiques.

ANNEXE I

Origine des principaux éléments nutritifs minéraux des sols du Plateau



feldspath	+		+	+			
ferromagnésiens		+		+			+
phyllosilicates		+	+				+
glauconie			+				+
pyrite						+	+
carbonates	+	+					
apatite	+				+		
gypse						+	
oxydes de fer							+
	Ca	Mg	K	Na	P	S	Fe

La proportion assimilable des éléments chimiques varie selon les conditions de milieu dans les sols. On ne connaît pas assez le jeu très complexe de l'assimilabilité des éléments lié à trop de paramètres, c'est pourquoi nous sommes restés au niveau des généralités.

ANNEXE II

Méthodes d'analyses utilisées

Granulométrie:	densimétrie S. MERIAUX (<i>Annales agronomiques</i> , 1954)
Double granulométrie:	avec conservation puis destruction des carbonates: pipette de Robinson
Calcaire total:	calcimètre Bernard, mesure du dégagement de CO ₂
Calcaire actif:	méthode DROUINEAU par transformation à l'oxalate d'ammonium en terre contenant peu de matière organique
pH:	méthode électrométrique
Carbone organique:	méthode d'ANNE
Matière organique:	carbone x 1,725 (facteur conventionnel) du mull x 1,89 du mor
Azote total:	méthode KJELDHAL
Capacité d'échange:	déplacement des cations par une solution neutre d'acétate d'ammonium
Cations échangeables:	dosage au spectromètre d'absorption atomique
Acide phosphorique et potasse assimilables:	méthode DIRKS et SCHEFFER (<i>Revue suisse d'agriculture</i> , 1974)
Stabilité structurale et perméabilité:	indices d'instabilité S et de perméabilité K = méthode HENIN, 1969

ANNEXE III

GÉOLOGIE ET STRUCTURE DE LA COUVERTURE PÉDOLOGIQUE – COMPLÉMENT À LA LÉGENDE DE LA CARTE

KG	Karst empâté de moraine à galets et blocs alpins
KG 1	micro-inclusions fortement contrastées de sol lessivé acide dans les dolines voisinant avec les lithocalciques sur dalle peu fragmentée, la terre est localement plus rouge et plus argileuse à la fois.
KG 2	le karst est plus empâté, le calcaire émerge en micro-ilots.
GJ	moraine sablo-limoneuse à galets alpins et jurassiens (glaciaire mixte) mélangée à des débris du calcaire sous-jacent affleurant localement. La texture est variable, d'autant plus sableuse que le dépôt morainique est épais d'une part et que le sol s'est érodé d'autre part, les sols calciques étant silteux.
GJ 1	topographie bosselée avec des terrasses de culture étroites. micro à méso-combinaisons, faiblement à moyennement contrastées, de sols rendocalcaires à calciques sur les bosses et talus (humorendiques sous bois) et bruns calciques dans les petites combes en aval des ravins d'érosion.
GJ 2	replats cultivés ou boisés avec dépôt morainique épais
GJ 3 et 31	pentons à terrasses plus larges, bordées de haies et talus avec de forts tas d'épierrement et légères cuvettes avec influence de terra fusca diluée (31); le dépôt morainique est souvent peu épais.

- GJ 4 comme 2, en plus complexe et contrasté, avec inclusions de brun lessivé à pseudogley modéré (sur lentille de moraine plus argileuse) et de rendocalcaire; la moyenne présente une tendance un peu colluviale.
- GJ 5 pieds de pente plus ou moins colluvionnés avec résurgences.
- GJ 6 sur replat à faciès fluvio-glaciaire stratifié, sol de tendance rubéfié, secondairement recalcifié.
Les unités complexes du groupe GJ peuvent se définir comme des méso-juxtapositions avec des micro-inclusions de forme arrondie ou en bandes et plus contrastées.
- GG moraine alpine sablo-limoneuse à sablo-argileuse, à galets, graviers et blocs
- GG 1 crêtes et pentes graveleuses érodées; micro-à méso-combinaisons ou juxtapositions dans les cas les plus contrastés.
- GG 2 crêtes, pentes moyennes et replats, sols souvent graveleux; les sols bruns calcaires ont une texture proche du matériel glaciaire, les sols bruns sont limoneux et les bruns calcaires colluviaux sont des limons argilo-sableux.
- GG 2.1 transition entre GG₁ et GG₂ et KG assez hétérogène au point de vue profondeur et charge en cailloux.
- GY mélange de moraine indifférenciée ou de fond avec la molasse du substrat remaniée par le glacier et affleurante par places.
Géomorphologie: larges banquettes structurales en pentes faiblement moutonnées, soit:
GY₁: sur l'étage Stampien, GY₂: sur l'Aquitaniien, GY₃: sur le Burdigalien.
Entre ces unités la transition est progressive, on trouve également des inclusions de dimensions variables d'une unité dans l'autre, ces limites n'ont donc qu'une valeur approximative.
Les unités complexes GY peuvent être décrites comme des méso-juxtapositions de sols bruns et bruns lessivés, avec ou sans pseudogley; elles comprennent:
des micro-inclusions centrées d'érosion, assez fortement contrastées de rendzines graveleuses ou molassiques;
des micro-à méso-inclusions colluviales, moins contrastées, de sols plus humifères et hydromorphes.
- GY₁ Cette unité est plus caillouteuse du côté occidental de la plaine de l'Orbe (transition avec GG). Avec les sols bruns on a englobé des bruns lessivés saturés à recalcifiés, difficiles à identifier et impossibles à cartographier séparément.
- GY₁₁ Unités carbonatées d'érosion (drumlins et pentes) sur moraine de fond présentant un tassement défavorable, souvent sols intergrades rendzine – brun calcaire.
- GY₁₂ La texture dominante est limoneuse à silteuse, les sols bruns lessivés sont parfois saturés à recalcifiés et comme le substrat est plus lourd

on y a englobé les sols bruns sans les différencier. Le substrat carbonaté apparaît souvent à une profondeur moyenne, les cailloux sont partout assez nombreux (5 à 7% de la surface couverte).

GY 2
et 21

La texture moyenne encore fortement limoneuse en GY₂ passe au limon sableux en GY₂₁, les micro-inclusions carbonatées d'érosion se raréfiant. Une texture localement plus sableuse, soit en surface soit en profondeur, est l'indice de la proximité de la molasse sous faible couverture morainique. Les sols s'épaississent, dépassant souvent 1 m, mais les traces d'hydromorphie se généralisent sous forme de pseudogley diffus et en GY₂₁ on trouve de nombreux sols bruns tachetés et à nodules de fer (voir texte sols hydromorphes). La proportion de cailloux en surface tend à diminuer parce que les talus joratois mettent en relief une plus grande proportion de molasse gréseuse sous faible couverture; en même temps, on passe à l'étage submontagnard.

GY
et 31

La texture moyenne est limono-sableuse, en GY₃₁ elle est localement sableuse. Les sols bruns acides cultivés ont été plus ou moins re-saturés. Comme dans l'unité GY₂ on trouve des «sols bruns tachetés». La comparaison entre les sols bruns lessivés des 3 unités GY fait ressortir la remontée des pH sous culture et l'influence des trois étages molassiques sur les textures.

	pH moyen des horizons Ap et B ₁		texture moyenne des horizons Ap et B ₁	
	sous culture	sous bois	% argile	% sable
Sols bruns lessivés				
GY ₁	6 - 7	4,5 - 6	15 - 20	30 - 40
GY ₂	5,5 - 6,5	4,5 - 6	10 - 20	30 - 50
GY ₃	5 - 6	4,5 - 5,5	10 - 15	40 - 60

P

Unités complexes des pentes

P₁

Pentes avec falaises ou banc calcaire plus ou moins saillant, localement interrompu et disparaissant sous la moraine en donnant une forte pente. Sous la falaise se développe un éboulis calcaire colonisé à sol intergrade entre rendzine et brun calcaire; les pentes morainique moins fortes sont occupées par des sols bruns, localement brun lessivé acide sur micro-replat.

P₂

Pentes ravinées dans la moraine alpine à blocs (GG), occupées par la hêtraie à luzule. La pente est entrecoupée de ravins d'érosion parallèles, entre les ravins et au fond de ceux-ci se trouvent les sols bruns lessivés.

P₃,
4, 5, 6

Pentes des vallées encaissées à bancs ou falaises molassiques plus ou moins empâtés de moraine, glissements de terrains, ravinements et et micro-terrasses d'alluvions récentes.

Ces unités complexes sont des micro-juxtapositions de sols très différents et à limites nettes.

– pentes fortes: sols bruns et bruns calciques (P3 et P6) à texture variable sur molasse désagrégée ou dépôt morainique; régosols aux endroits les plus érodés et sur falaise.

- replats: sol brun tacheté limono-argileux (P₃) et brun acide à moder sous pessière à myrtilles (P₅)
 - bosses et pans rocheux molassiques glissés: sols rendocalcaires d'érosion (P₃) ou brun calcaire sur marne (P₃ et P₄) et sols bruns acides sablo-limoneux (P₅ et P₃)
 - creux en arrière de glissements: sols à pseudogley limono-argileux
 - pentes bosselées à glissement (dominant en P₄); sols bruns à pseudogley limono-argileux
 - pied des pentes: sols d'apport sableux carbonatés ou non en pied de falaise molassique gréseuse, gley ou pseudogley humifère sur colluvions ou solifluxion limoneuse
 - berges et méandres des rivières: sols alluviaux calcimorphes sableux dans les zones d'alluvionnement et amphigley dans le cours des méandres abandonnés.
- Y mélange de moraine et de molasse avec part prépondérante de molasse remaniée dérivant du Stampien Y₁, de l'Aquitaniien Y₂, du Burdigalien Y₃.
- GS moraine sablo-graveleuse alpine
- GV moraine remaniée par ruissellement avec part importante de colluvions
- V colluvions
- VF alluvions fines de la plaine de l'Orbe, relativement plus limono-sableuses à proximité du cours du Talent.

ANNEXE IV

LEXIQUE

* Les termes définis au lexique sont marqués d'un astérisque lors de leur première utilisation.

- anmoor*: mélange d'argile ou de silt et de matière organique humifiée, à consistance de compote, de couleur noirâtre, à la partie supérieure des sols saturés d'eau (KUBIENA, 1953).
- argile*: – dans le sens granulométrique, il s'agit des particules de taille inférieure à 2 μ .
 – dans le sens minéralogique, les argiles sont des minéraux alumino-silicatés, en feuillets, à charge électrique négative et propriétés colloïdales qui leur permettent de fixer les ions et l'eau; leur taille pour la plus grande part est inférieure à 2 μ , mais on trouve aussi des particules ayant une taille de 2 à 20 μ .
- argillanes*: revêtements d'argile qui a migré dans le profil par lessivage; on les rencontre sur les agrégats de l'horizon B_t qu'ils recouvrent en mince pellicule feuilletée.

- battance*: il s'agit d'une destruction de la structure de la surface du sol provoquée par une forte pluie. Ce phénomène peut affecter tout ou partie de l'horizon labouré (Ap).
- colluvion*: dépôt formé par ruissellement et accumulation au bas des versants.
- complexe absorbant*: les molécules organiques (humus) et les argiles sont des colloïdes électronégatifs; liés ensemble par des ions positifs (Ca, Mg, Na, K, H...): ce sont les complexes organo-minéraux; organisés en édifices poreux, ils forment les agrégats, éléments principaux de la structure du sol et représentent le site de stockage et d'échange des ions assimilables.
- ETP, ETM, ETR*:
 – l'évapotranspiration potentielle (ETP) peut se mesurer à la quantité d'eau qui s'évapore sous un abri dans la balance de Wild;
 – l'évapotranspiration maximale (ETM) représente la quantité d'eau évaporée par un sol toujours bien alimenté en eau; elle dépend du type de culture et du stade phénologique atteint par celle-ci. On peut traduire ETP en ETM, en lui appliquant des coefficients de correction fonction de la culture envisagée (voir REGAMEY, P., 1975). PRIMAULT estime que ETM prairie = 70% ETP. CALAME estime que l'ETM sol nu = 50% ETP;
 – l'évapotranspiration réelle (ETR) est l'évaporation mesurée quelle que soit l'humidité du sol; l'ETR est inférieure ou égale à l'ETM.
- fragipan*: horizon tassé de densité apparente élevée (voisine de 2), à très faible porosité, dur mais fragile, d'où son nom; nous n'avons pas rencontré sur notre terrain d'horizon répondant exactement à cette définition, mais certains horizons Bg sur moraine remaniée s'en rapprochent.
- glébule, glébulaire*: concentration opaque dans la matrice du sol (oxyde) ressemblant à des nodules mais plus diffus et non consolidés (BREWER, 1976: Fabric and mineral analysis of soils).
- gley*: sol imperméable engorgé d'eau la plus grande partie de l'année, dans lequel le fer est à l'état réduit, ce qui donne au sol des couleurs gris-verdâtre ou bleuté.
- glosses, glossique*: langues de dégradation décolorées par déferrification, descendant de l'horizon A₂ dans le B₁ (anglais: tonguing)
- horizons*: nomenclature des principaux horizons
- | | alternatives: Allemagne | Suisse |
|--|-------------------------|--------|
| (A) début d'horizon organique | | |
| Ao horizon organique | O | |
| A ₁ horizon organo-minéral | Ah | |
| A _p horizon labouré | | |
| A ₂ horizon lessivé (éluvial) | Ae | E |
| (B) horizon d'altération | Bv | Bw |
| Bt horizon enrichi en argile (illuvial) | | I |

- β horizon brun foncé situé à la base du sol, enrichi en argile à la fois par décarbonatation et par lessivage, également caractérisé par un enrichissement en humates calciques (DUCLOUX, 1970).
- C roche-mère désagrégée
- R roche-mère altérée
- hydromorphe*: l'hydromorphie synonyme de mauvais drainage, résulte de l'engorgement du sol par l'eau; elle est dite primaire lorsqu'elle est due à une compacité de la roche-mère, qui préexiste à la formation du sol (cas de la moraine de fond); elle est dite secondaire, ou d'origine pédologique, quand c'est le colmatage par les argiles lessivées vers la base du profil qui ralentit le drainage.
- hydromull*: mull épais formé à la partie supérieure et non engorgée par l'eau des sols humides.
- interstratifiés*
10-14 m: minéraux argileux comportant des alternances de feuillets d'illite et de montmorillonite; l'épaisseur des feuillets varie de 10 à 14 Å.
- illuvié,*
illuviation: se dit d'un horizon enrichi en argile ou en sesquioxydes (contraire de éluvial = appauvri)
- isohumisme,*
isohumique: se dit des sols à imprégnation profonde de matière organique dont la teneur en humus décroît peu du haut en bas du profil. Cette teneur est en général supérieure à celle des sols des autres classes observables dans la même région (CPCS, 1967).
- limon*: particules d'une taille comprise entre 2 et 50 μ (limon fin de 2 à 20 μ et limon grossier de 20 à 50 μ);
– désigne également le mélange textural dans lequel cette fraction domine.
- méso-unités,*
micro-unités: termes employés pour désigner la dimension des unités pédologiques. Avec le préfixe méso, l'ordre de grandeur est l'hectare, avec le préfixe micro, l'ordre de grandeur est l'are.
- moder*: matière organique de type intermédiaire donnant un horizon A₀ moins épais, à C/N compris entre 15 et 20.
- mollique*: se dit d'un horizon A épais de plus de 10 cm, riche en matière organique bien humifiée.
- mor*: matière organique, mal décomposée (C/N 20) donnant un horizon A₀ noir et épais (DUCHAUFOR, 1977).
- mull*: matière organique bien décomposée à horizon A₀ presque inexistant, C/N voisin de 10 en A₁, il existe des faciès mull calcique et mull acide.
- pF*: potentiel capillaire ou force de tension nécessaire pour extraire l'eau des pores du sol ayant un diamètre donné; ainsi à pF 4,2, point de flétrissement permanent de la plupart des plantes, il faut une pression de 16 atmosphères pour

- extraire l'eau des pores ayant un diamètre de $0,2\mu$; à pF 2, capacité au champ, il faut une pression de 0,1 atmosphère pour extraire l'eau de pores d'un diamètre de 20μ . (GAUCHER, 1968, p. 192)
- rendocalcaire, rendocalcique:* termes proposés par J. BOULAIN (1975). Ils nous ont servi ici à regrouper tous les sols apparentés aux rendzines.
- RU, RFU:* la réserve en eau utilisable (RU) correspond à la quantité d'eau contenue dans un sol, mesurée entre la capacité au champ (quantité max. d'eau retenue par le sol après écoulement de l'eau de gravité) et le point de flétrissement permanent (quantité d'eau non assimilable par les plantes). La réserve en eau facilement utilisable (RFU) correspond approximativement à une fraction voisine de 1/2 de RU.
- siltanes:* revêtements de limon (silt en anglais) qui a migré dans l'horizon B_t du profil par lessivage.
- smectites:* minéraux argileux gonflants de la famille de la montmorillonite (PEDRO, in *Pedologie* 2, chap. 3).
- sous-solage:* technique consistant à creuser des galeries avec une charrue spéciale à 60-80 cm pour permettre un assainissement du sol (HENIN, 1969, p. 195).
- stagnogley:* selon la définition donnée par E. MUECKENHAUSEN (1975), il se développe comme le pseudogley sous l'influence d'une nappe perchée (Stauwasser) mais celle-ci stagne et engorge le sol pendant une durée bien plus grande. De ce fait il y a convergence avec la dynamique des sols développés sous l'influence d'une nappe permanente (Grundwasser). La plupart des stagnogleys décrits sont des sols acides de basse montagne.
- taux de saturation:* le taux de saturation ou rapport S/T exprime l'état de garniture du complexe absorbant.
 S = somme des bases (Ca, Mg, K, Na).
 T ou CeC = capacité totale d'échange ou quantité maximale de cations que le sol est capable de fixer, H⁺ compris. Les sols acides ou oligotrophes ont un S/T de l'horizon A₁ inférieur à 35%; entre 35 et 60%, on parle de sol mésotrophe; au-dessus de 60%, de sol eutrophe. Les sols ou horizons carbonatés sont toujours saturés en calcium S/T = 100%.
- vertique:* se dit de sols lourds dont les agrégats sont soumis à de fortes variations de volume en raison de la nature gonflante de leurs particules fines (du latin *vertere* = tourner).
- YR:* les couleurs des sols ont été données à l'état humide d'après le code Munsell. La plupart des molasses et moraines ont une couleur 2,5 Y (gris-jaune); la plupart des sols, une teinte 10 YR (brun).

BIBLIOGRAPHIE

- AMBERGER, G. 1976. – Le Léman, un lac à découvrir (chap. l'origine et géologie). Office du Livre, Fribourg.
- 1978. – Contribution à l'étude du Quaternaire de la région lémanique: résultats de quelques sondages profonds exécutés à Genève. *Eclogae geol. Helv.* 71/1, 193-206.
- AUBERT, D. 1936. – Les terrains quaternaires de la vallée de l'Aubonne. *Bull. Lab. Géol.... Univ. Lausanne*, No 55.
- 1949. – Les graviers de Montcherand. *Eclogae geol. Helv.* 42, 415.
- 1969. – Phénomènes et formes du Karst jurassien. *Eclogae geol. Helv.* 62/2, 325-399.
- 1974. – L'érosion karstique régressive dans le Jura. *Mémoires et documents CNRS, nouv. sér.* 15. Phénomènes karstiques, t. II, 71-79.
- 1975. – L'évolution du relief jurassien. *Eclogae geol. Helv.* 68/1, 1-64.
- et FALCONNIER, A. 1946. – Présence de terrasses glacio-lacustres à Gimel. *Eclogae geol. Helv.* 39/1, 49-53.
- BARDET, L. 1971. – Contribution à l'étude écologique des forêts du Plateau vaudois. Thèse publiée par le Service cantonal des forêts-Lausanne.
- BEAUDET, G., MAURER, G., RUELLAN, A. 1967. – Le Quaternaire marocain, observations et hypothèses nouvelles. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.* (2), IX/4, 269-310.
- BERSIER, A. 1938. – Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.* 6/3.
- 1942. – L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau vaudois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 62, 135-158.
- 1958. – Séquences détritiques et divagations fluviales. *Eclogae geol. Helv.* 51/3.
- BERTSCHY, R. 1958. – Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson (VD). *Eclogae geol. Helv.* 51/2.
- BIELER, T. 1901. – Etude préliminaire sur le modelé glaciaire et le paysage drumlinique dans la plaine vaudoise. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 37, 213.
- BLAVOUX, B. et DRAY, M. 1971. – Les sondages dans le complexe quaternaire du bas Chablais et leurs enseignements stratigraphiques, leur intérêt pour l'hydrogéologie et l'hydrochimie régionale. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.* 2^e Série, XIII/1, 17-34.
- BÖGLI, A. 1964. – Un exemple de complexe glacio-karstique: le Schichttreppenkarst. *Rev. belge de Géogr.*, fasc. 1-2, 63-82.
- BOLLINE, A. 1977. – La vitesse de l'érosion sous culture en région limoneuse. *Bull. Soc. belge Pédol.* XXVII/2, 191-206.
- BONNEAU, M. et SOUCHIER, B. 1979. – Pédologie, t. 2: Constituants et propriétés du sol. Ed. Masson.
- BORNAND, M. 1969. – Les sols rouges du confluent Rhône-Isère. *Bull. AFES*, No 2, 3-28.
- BOUET, M. 1972. – Climat et météorologie de la Suisse romande. Ed. Payot, 171 p.
- BOTTNER, P. et PAQUET, H. 1972. – La pédogenèse sur roches-mères calcaires tendres dans les étages bioclimatiques montagnard, subalpin et alpin des Préalpes françaises du Sud. *Bull. AFES*, No 1, 63-78.
- BOULAIN, J. 1972. – Au sujet de quelques sols formés sur roches calcaires en climat périhumide frais (Jura méridional). *Bull. AFES*, No 1, 79-84.
- 1975 a. – Cours de pédologie appliquée. INA, Grignon.
- 1975 b. – Géographie des sols, Coll. PUF, 199 p.
- 1980. – Pédologie appliquée. Coll. Sciences agronomiques, 256 p., 52 fig.
- BRESSON, L.M. 1976. – Rubéfaction récente des sols sous climat tempéré humide. *Bull. AFES*, No 1, 3-22.
- BURRI, F., BURRI, M., et WEIDMANN, M. 1968. – Les graviers de Bioley-Orjulaz (VD). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 70, 11-26.
- BURRI, M. 1977. – Sur l'extension des derniers glaciers rhodaniens dans le bassin lémanique. *Bull. Lab. Géol.... Univ. Lausanne*, No 223.
- CALAME, F. 1977. – Le bilan hydrique en agriculture, statistique pour Genève de 1901 à 1970. *Rev. suisse d'agric.* 9/3, 103-109.

- CAYEUX, L. 1929. – Les roches siliceuses (Roches sédimentaires de France). *Mém. carte géol. de France*, Paris, 774 p.
- CPCS, 1967. – Classification des sols (française). Publ. INRA (Commission de pédologie et de classification des sols), 96 p.
- CRAHET, M. 1968. – Compte rendu d'une enquête sur l'interprétation des analyses de sols. Lab. géol.-pédol., ENSA, Grignon, (ronéo), 38 p.
- CUSTER, W. 1928. – Etude géologique du pied du Jura vaudois. *Matér. carte géol. Suisse, Soc. Helv. Sc. Nat.*, V. 59.
- DESAULES, A. 1979. – Zur Methodik der Bodenkartierung in mittleren Massstabsbereich am Beispiel der Region Bantiger (BE), *Bull. Soc. suisse Pédol.*, No 3, 3-16.
- DIJK, R. van, 1976. – Een landschapsecologische kartering in het gebied van Châtel-St-Denis (Kantons Vaud en Fribourg) Switzerland. Univ. Amsterdam, lab. de géogr. phys. Manuscrit.
- DUCHAUFOR, Ph. 1977. – Pédologie 1. Pédogenèse et classification. Ed. Masson, 477 p.
- DUCLOUX, J. 1970. – L'horizon Bêta des sols lessivés sur substratum calcaire de la Plaine Poitevine. *Bull. AFES*, No 3, 15-25.
- DURAND, P. et DUTIL, P. 1972. – Contribution à l'étude de l'évolution des sols en milieu calcimagnésique, *Science du sol*, fasc. 1, 25-36.
- FAO, UNESCO, 1975. – Légende de la carte mondiale des sols au 1:500 000.
- FLINT, R. F. 1971. – Glacial and quaternary geology. Publ. Wiley, London, 892 p.
- FREI, E. 1967. – Mikromorphologische und chemische Untersuchungen eines entbasten Parabraunerdeprofils des Schweizerischen Mittellandes und Deutung seiner Entwicklungstendenz. *Geoderma*, fasc. 1, 289-298.
- 1974. – Klassifikation der Böden der Schweiz. FAP Reckenholz, 34 p. (ronéo).
- et collaborateurs, 1975. – Carte des aptitudes culturales des sols de la Suisse, éch. 1:300 000. Dpt Féd. de Justice et Police.
- et SCHUETZ, E. 1978. – Ergebnisse und Interpretation von Altersbestimmungen in Böden. *Bull. Soc. suisse Pédol.*, No 2, 32-41.
- GABUS, J. H. 1979. – Carte de stabilité des terrains au 1:25 000. Service de l'aménagement du territoire, Lausanne. Non publié.
- et coll. 1975. – Anciens niveaux lacustres et glissements de terrain à Yverdon. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 72/4, 165-191.
- GAGNEBIN, E. 1937. – Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. *Bull. Lab. Géol...* Univ. Lausanne, No 58. 82 p.
- GAUCHER, G. 1968. – Traité de pédologie agricole. Ed. Dunod, 578 p.
- GASSER, U. et NABHOLZ, W. 1969. – Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des Schweizerischen Mittellandes. *Eclogae geol. Helv.* 62/2, 467-516.
- GIOT, D. 1973. – Nomenclature et classification des roches sédimentaires. *Bull. BRGM*, Géologie générale, section IV/2.
- GRATIER, M. et POCHON, M. 1976. – Les sols rubéfiés du pied du Jura. Communication à la Soc. suisse de Pédol. Neuchâtel.
- HAEBERLI, R. 1968. – Levé cartographique agricole des stations végétales de la Côte. Cahier de l'aménagement régional, No 6, 88 p.
- 1971a. – Carte du potentiel naturel des surfaces agricoles du canton de Vaud au 1:100 000. Cahier de l'Aménagement régional, No 13, 35 p.
- 1971b. – Carte écologique-physiographique des sols du canton de Vaud au 1:100 000. Cahier de l'Aménagement régional, No 12, 119 p.
- INRA, 1967. – Classification française des sols, travaux du CPCS.
- JATON, J.-F. et GALLUSSER, A. 1977. – Etude des profils de pH et de potentiel Redox de sols hydromorphes calciques en phase d'infiltration et d'assèchement. Modification des profils sous l'effet de micro-organismes en vue de limiter la formation de gels d'hydroxydes ferriques. *Bull. Soc. suisse de Pédol.*, No 1, 14-19.
- JAYET, A. 1953. – Age et origine de la terrasse de 30 m à Gland (VD). *Arch. Sc. Genève* 6/4.
- 1957. – Sur l'origine du caractère arrondi des galets glaciaires et fluvioglaciaires. *Eclogae geol. Helv.* 50/2, 496-507.
- 1966. – Résumé de géologie glaciaire régionale, Genève, Ed. Chapuis, 56 p.

- JAYET, A. et PORTMANN, J.-P., 1966. – Sur la présence de moraines rissiennes profondes dans le gisement quaternaire des Tuileries près d'Yverdon (VD). *Eclogae geol. Helv.* 59/2, 960-964.
- et SAUTER, M.-R. 1953. – Observations géologiques et archéologiques récentes sur les terres rouges. *Bull. Inst. Nat. Genevois* 56.
- JEANNERET, F. et VAUTIER, P. 1977. – Carte des aptitudes climatiques pour l'agriculture suisse, échelle 1:200 000. Publ. du Dpt féd. de Justice et Police.
- JEANNET, A. 1923. – Les charbons feuilletés de la Suisse occidentale. *Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geothech. Ser., VIII.*
- JORDI, H.-A. 1955. – Geologie der Umgebung von Yverdon. *Matér. carte géol. Suisse* 99.
- KLAASEN, I. 1976. – Sur les dépôts quaternaires de la région d'Aigle (VD). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 73/2, 159-169.
- KISSLING, D. 1974. – L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse. Thèse géol., Univ. Genève.
- KISSLING, P. 1980. – Les chênaies du Jura central suisse (phytosociologie et écologie). Thèse bot. Univ. Lausanne.
- KUBIENA, W. L. 1953. – The soils of Europe. Ed. Thomas Murby, Londres.
- LAZREG, H. 1971. – Etude géophysique, géologique et hydrogéologique de la région de Concise à Pompaples (pied du Jura vaudois). *Matér. pour la géol. de la Suisse, géophysique*, No 10.
- LEBEAU, R. 1954. – Les formes mineures du relief sous-glaciaire. *Rev. géogr. Lyon* 1). Les Ös et Kames, 2) Les Drumlins.
- LLIBOUTRY, L. 1965. – Traité de glaciologie t. 2: Glaciers, variations du climat, sols gelés. Ed. Masson, 1040 p.
- MAROCKE, R. 1962. – Les sols rouges de la terrasse würmienne rhénane alsacienne. *C.R. Acad. Sc. Série D*, 3019-3021.
- MEER, J.-J. M. de, 1976. – Cartographie des sols de la région de Morat (Moyen pays suisse). *Bull. Soc. neuch. Géogr.* LIV/5, 5-52.
- MEYER DE STADELHOFEN, C. 1973. – Atlas des résistivités électriques apparentes du Moyen pays vaudois 1:25 000. Cahier de l'Aménagement régional, No 15.
- MÜCKENHAUSEN, E. 1975. – Die Bodenkunde. DLG Verlag. Frankfurt-am-Main.
- MÜLLER, A. et SCHWAB, H. 1974. – Le passé du Seeland sous un jour nouveau, les niveaux des lacs du Jura. Ed. Université, Fribourg.
- MUSY, A. 1973. – Etude des sols et dimensionnement des ouvrages d'assainissement en terrains peu perméables. Publ. de l'Inst. du Génie rural, No 117, EPUL, 93 p.
- et JATON, J.-F. 1976. – Le pouvoir filtrant des tourbes, effets sur le drainage. Communication à la Soc. suisse de Pédologie, Neuchâtel.
- NICOLAS, G. 1974. – Atlas statistique agricole vaudois. Cahier de l'Aménagement régional, No 16.
- NEYROUD, J.-A. et PONT, M. 1978. – L'analyse physique des sols: un cas de tassement. *Rev. Suisse d'agric.* 10/2, 49-52.
- PARRIAUX, A. 1976. – Elément hydrographique fossile dans la Broye moyenne. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 73/1, 51-65.
- PETCH, M. 1970. – Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de l'Orbe. thèse de doct., Université de Lausanne, 95 p., 15 pl.
- POCHON, M. 1978. – Origine et évolution des sols du Haut Jura Suisse, phénomènes d'altération des roches calcaires sous climat tempéré humide. *Mém. Soc. helv. Sc. nat.* XC, 190 p.
- PORTMANN, J.-P. 1954-55. – Pétrographie des moraines dans la région des lacs subjura-siens. *Bull. Soc. neuch. Géogr.* LI/5, 13-55.
- 1956. – Les méthodes d'étude pétrographique des dépôts glaciaires. *Geol. Rundschau* 45/2, 411-454.
- PRIMAULT, B. 1962. – Du calcul de l'ETP. *Arch. für Meteo-geophys. u. Bioklimat*, Série B, fasc. 1a, 124-150.
- 1971. – Du rapport entre l'évapotranspiration potentielle et l'évaporation mesurée. Cahier No 9 de l'Inst. Suisse de Météorologie.

- PRIMAULT, B. 1972. – Etude mésoclimatique du canton de Vaud. Cahier de l'Aménagement régional No 14, 186 p. Office cant. d'urbanisme, Lausanne.
- QUERVAIN, F. de, 1969. – Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. Commission géotechnique suisse, Kümmerly & Frey, Berne.
- REGAMEY, P. 1975. – Cours d'aménagement agricole des eaux et hydrologie. 2^{ème} partie: Irrigation. Publ. IGR, No 123, EPFL, 71 p.
- REMY, J.-C. et MARIN-LAFLECHE, A. 1974. – L'analyse de terre: réalisation d'un programme d'interprétation automatique. *Annales agronomiques INRA* 25/4, 607-632.
- RICHARD, F., LÜSCHER, P. et STROBEL, T. 1979. – Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz, Bd 1, ETH, Zürich.
- ROD, P. 1974. – Calcaire actif, calcaire total dans nos sols viticoles. *Rev. suisse Vitic., Arboric. Hortic.* IV/5.
- SCIENCE DU SOL, 1972 fasc. 1, No spécial. – Sols sur roches calcaires dans le monde.
- SCHLÜCHTER, C. 1977a. – Genetic and depositional relationships between outwash deposits of proglacial origin and basal till. Résumé des communications du X^e Congrès INQUA, p. 404, Birmingham.
- 1977b. – Grundmoräne versus Schlammmoräne – two types of lodgment till in the alpine foreland of Switzerland. *Boreas* 6, 181-188, Oslo.
- 1978. – Die Stratigraphische Bedeutung von Verwitterungshorizonten im Quartär des Kantons Bern. *Eclogae geol. Helv.* 71/1, 227-232.
- SCHREIBER, K.-F. 1968. – Les conditions thermiques du canton de Vaud. *Matér. pour le levé géobot. de la Suisse*, No 49, avec carte des niveaux thermiques au 1:100 000, 31 p.
- 1977. – Niveaux thermiques de la Suisse au 1:200 000. Publ. du Dpt féd. de Justice et Police.
- SPALTENSTEIN, H. 1980. – Les principaux types de sols du Bois-de-Chênes (VD). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 75/1, 23-37.
- STATION FÉDÉRALE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE CHANGINS, 1974. – Nouvelles directives de fumure. *Rev. Suisse d'Agric.* VII/6, 189-195.
- TRICART, J. et CAILLEUX, A. 1962. – Le modelé glaciaire et nival. Traité de géomorphologie, t. II. SEDES, Paris.
- VERNET, J.-P. 1956a. – Les minéraux argileux des sédiments oligomiocènes du bassin molassique suisse. *C.R. Acad. Sc.* 243, 1129-1131.
- 1956b. – La géologie des environs de Morges. *Eclogae geol. Helv.* 49/1, 151-241.
- 1959. – Etudes sédimentologiques et pétrographiques des formations tertiaires et quaternaires de la partie occidentale du Plateau suisse. *Eclogae geol. Helv.* 51/3, 1115-1152.
- 1963. – Le sidérolitique du Mormont (VD). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 68/7, 313-331.
- 1963b. – Quelques observations géologiques dans la région de Commugny-Coppet. *Bull. Lab. Géol.... Univ. Lausanne*, No 139.
- VINK, A. 1963. – Aspects de pédologie appliquée, Ed. La Baconnière, Neuchâtel, 174 p.

LISTE DES FIGURES

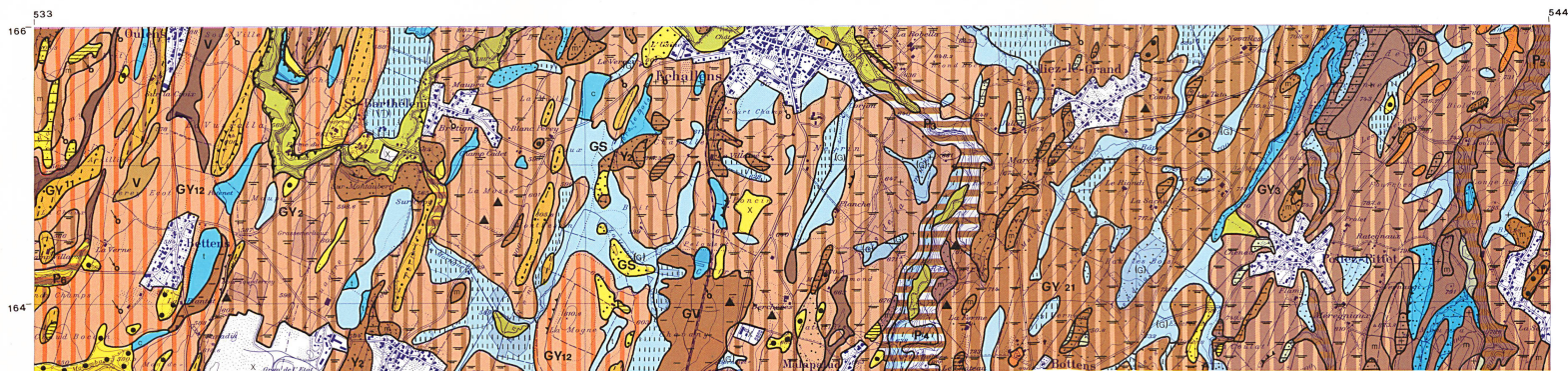
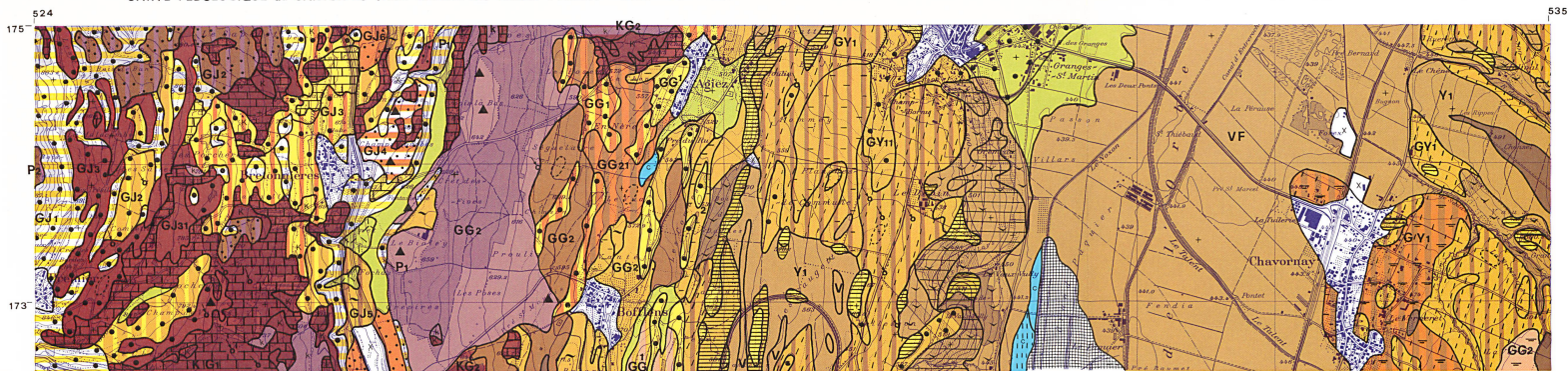
- 1.- Bilan hydrique, moyennes mensuelles, Lausanne et Genève
- 2.- Nature des substrats géologiques
- 3.- Structure géologique et répartition des précipitations et des sols
- 4.- Coupe dans les dépôts morainiques à Bettens
- 5.- Granulométrie de la molasse et des moraines
- 6.- Granulométrie des alluvions
- 7.- Schéma type de la distribution des roches-mères des sols
- 8a.- Age des dépôts sédimentaires et types de sols, dans la moyenne vallée de la Broye
- 8b.- Principaux stades d'évolution du sol sur moraine rhodanienne du Plateau suisse
- 9.- Calcaire total des sols développés sur l'étage Stampien, avec ou sans recouvrement morainique
- 10a.- Décarbonatation dans la molasse gréseuse
- 10b.- Décarbonatation dans la molasse marneuse
- 11.- Doubles granulométries dans des échantillons limoneux (a) et sableux (b) du fluvioglaciaire (Genolier)
- 12.- Histogrammes des galets de différentes roches dans les horizons C et B d'un sol lessivé sur fluvioglaciaire à Corcelles-Concise
- 13.- Influence du relief sur l'évolution du sol en milieu perméable (a: fluvioglaciaire) et peu perméable (b: moraine de fond)
- 14.- Légende des profils de sols
- 15.- Sol rendocalcaire brunifié sur moraine graveleuse, (Echallens)
- 16.- Sol brun calcaire vertique sur molasse marneuse, (Vuarrens)
- 17.- Chaîne de sols vertiques
- 18.- Sol brun calcaire sur moraine jurassienne, (le Muids)
- 19.- Chaîne de sols carbonatés sur moraine de fond
- 20.- Coupe du ruisseau de Sadaz à Chavornay (sol brun calcaire alluvio-colluvial)
- 21.- Sol brun superficiel sur calcaire crétacé diaclasé, (Croy)
- 22.- Séquence sur calcaire dur sous prairie submontagnarde
- 23.- Sol brun à pseudogley modéré sur moraine rhodanienne, (Bercher)
- 24a.- Texture des horizons A et B des sols bruns sur moraine en fonction de l'étage molassique sur lequel elle se situe
- 24b.- Texture des horizons A et B des sols bruns lessivés sur moraine et mélange moraino-molassique
- 25.- Sol brun ocreux sur molasse gréseuse, (Peney-le-Jorat)
- 26.- Sol brun lessivé sur molasse marneuse, (Penthéréaz)
- 27.- Sol brun lessivé vertique colluvial, (Vuarrens)
- 28.- Sols bruns lessivés dans limon et moraine graveleuse, (Bioley-Orjulaz)
- 29.- Ecart granulométriques moyens dans les sols avec placage morainique d'épaisseur croissante sur substrat de calcaire crétacé au pied du Jura
- 30.- Répartition des sols lessivés, et lessivés rubéfiés, développés dans la moraine sur calcaire (a) et dans le fluvioglaciaire (b) au pied du Jura
- 31.- Relation entre le taux de matière organique et le rapport C/N dans les sols organiques calciques des marais drainés des plaines
- 32.- Gley à hydromull calcique dans colluvions sur moraine, (Rances)

- 33a.- Séquence de sols dans un petit marais drainé sur la moraine de fond
- 33b.- Schéma de profils de sols hydromorphes variés
- 34.- Pseudogley à granules de fer sur moraine de fond, (Fey)
- 35.- Séquence à pseudogley acide sur moraine sablo-caillouteuse dans le Jorat
- 36.- Légende des séquences de sols
- 37.- Séquence de sols d'érosion sur calcaire avec pellicule de dépôt morainique
- 38.- Séquence sur calcaire et moraine
- 39.- Séquences sur molasse et moraine
- 40.- Séquence sur dépôt morainique
- 41.- Séquence sur moraine et alluvions, vallée du Talent à Echallens
- 42.- Séquences dans les dépôts alluviaux à Eclépens et colluviaux à Bavois
- 43.- Séquence à travers la vallée de la Mentue, bois d'Echallens
- 44.- Distribution de la matière organique dans les principaux types de sols
- 45.- Potentiel de fertilité global des principaux types de sols et adaptation des cultures

Rédaction : M^{lle} Suzanne Meylan, professeur, 6, Treyblanc, 1006 Lausanne.
Imprimerie : Héliographia S.A., 1001 Lausanne.

Symboles

	calcaire dur diaclasé à moins de 40 cm
	molasse apparaissant entre la surface et 80 cm
	molasse gréseuse apparaissant entre la surface et 80 cm
● ●	cailloux abondants en surface $\geq 10\%$
● ●	moraine graveleuse (non altérée dès 50-60 cm dans les sols décarbonatés)
K	calcaire dur apparaissant vers 40-50 cm
k	calcaire dur en-dessous de 60 cm
m	molasse entre 80 et 120 cm
y	part prépondérante de molasse désagrégée
x	terrains remaniés
* / /	texture silteuse et limono-argileuse
* . .	texture à tendance sableuse
∨ ∨	caractère verticale sur pente à relief bosselé
- -	caractère colluvial, un peu hydromorphe
	sols hydromorphes bien drainés
└	dépôt de tuf
= =	pseudogley modéré fréquent
• = • =	pseudogley modéré généralisé
△	mouille
~	suintement d'aquifère
(G)	gley sous pseudogley = amphigley
t	horizon organique = anmoor, en surface
* c	carbonaté
	talus et terrasses de culture, en dehors des unités en pente
	érosion-ravinement
	micro-unité contrastée en inclusion
	meso-unité colluviale peu contrastée en inclusion, cf. texte
+	profil analysé
* Le symbole n'est matérialisé que là où la couleur ne traduit pas à elle seule l'indication correspondante.	



Sols peu évolués	
	alluviaux calcimorphes; sableux à sablo-limoneux <i>calcaric fluvisols</i>
	peu évolués d'érosion ou d'apport non carbonatés; sableux <i>eutric regosols et fluvisols</i>
	sols rendziniiformes et intergrades brunifiés; texture variable <i>rendzinas et cambic rendzinas</i>
Sols à horizon B de structure	
	bruns calcaires et intergrades; texture variable <i>calcaric cambisols</i>
	bruns calcaires; limoneux <i>calcaric-eutric cambisols</i>
	bruns calcaires à calcaïques à pseudogley ± humifères ou organiques sur colluvions et alluvions dérivées du remaniement des molasses marneuses; limoneux argileux à silteux, tendance vertique <i>calcaro-eutric gleyic cambisols</i>
Sols à horizon B peu développés	
	bruns à bruns calcaïques humifères du pied du Jura; silteux <i>eutric - calcaric mollic cambisols</i>
Sols à horizon B bien développés	
	bruns et intergrades, faiblement lessivés inclus; texture variable <i>cambisols à cambi-luvisols</i>
	bruns eutrophes, humifères colluviaux à pseudogley; limono-argileux <i>gleyic eutric mollic cambisols</i>
	bruns acides sur molasse gréseuse remaniée avec part variable de moraine; <i>limono-sableux à sableux dystric cambisols</i>
Sols à horizon B enrichi par lessivage	
	bruns lessivés; texture variable <i>luvic cambisols</i>
	lessivés; limono-sableux sur limon à tendance argilo-sableux <i>luvisols</i>
Sols hydromorphes	
	pseudogleys; limoneux, limono-argileux, silteux ± humifères et brunifiés <i>gleysols</i>
	gleys; limono-argileux, silteux ± humifères et brunifiés, parfois carbonatés <i>gleysols et humic gleysols</i>
	tourbe eutrophe épaisse <i>eutric histosols</i>
Unités complexes	
	rayures épaisses = type de sol dominant rayures minces = principal type de sol associé
	rayures égales = types de sols co-dominants
	unités à forte variabilité et unités de pentes irrégulières ou instables (types de sols, drainage, texture, roches mères variables) on n'a retenu qu'un type de sol en cas de très forte variabilité, ou les deux principaux en cas de variabilité moindre.