

# Les sols du canton de Genève

Autor(en): **Gratier, Michel / Pury, Philippe de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société**

Band (Jahr): **47 (1994)**

Heft 2: **Archives des Sciences**

PDF erstellt am: **24.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-740182>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Archs Sci. Genève	Vol. 47	Fasc. 2	pp. 165-194	Septembre 1994
-------------------	---------	---------	-------------	----------------

**Communication présentée à la séance du 21 avril 1994**

## LES SOLS DU CANTON DE GENÈVE

PAR

**Michel GRATIER\* & Philippe de PURY \*\***

### ABSTRACT

**Soils of the canton of Geneva.** - In the Geneva Republic (28'000 ha, of which 11'000 are used for agriculture and 3'000 under forest), most of the soil cover is derived from last glaciation drift which is of mixed composition (siliceous and calcareous) of alpine origin.

The genetic factors, their distribution and the various soil types are reviewed.

The internal drainage of the moraine deposits is of premium importance.

On ground moraine and laminated silts we find gleyic cambisols, whereas on stratified and very gravelly drift luvisols have developed which display a reddish brown colour in their accumulation horizon.

In the hollows humic and histic gleysols are to be found whereas on river alluvium the fluvisol types range from well drained to gleyic, and they remain calcic due to their recent age.

The importance of human action on soil morphology is enhanced by a gap between the observed pedogenetic traits and their present day functions, this being due to artificial drainage, eutrophisation by fertilizing and topographic egalization by ploughing.

### 1. INTRODUCTION

L'étude du sol représente un élément essentiel de la connaissance et de la gestion des paysages, et nombreux sont ceux qui s'y réfèrent aujourd'hui. Cependant, parmi toutes les formes que peuvent prendre cette étude, une vision spatialisée, tridimensionnelle, du "système sol" et ses nombreuses traductions cartographiques apparaît, d'entrée, comme la plus adaptée aux besoins des gestionnaires de l'espace rural et péri-urbain. Cette tendance doit se confirmer dans les années à venir, suite au développement de l'informatique et de ses applications au travers des Systèmes d'Information à Référence Spatiale (SIRS).

Le Canton et République de Genève, considéré comme un canton-ville, a une surface agricole utile de 11'000 ha qui, avec les 3'000 ha de forêt, représentent tout de même 50% de la surface cantonale (28'000 ha). La pression urbaine très forte a provoqué un intérêt justifié des autorités pour le sol cantonal. Celles-ci soutiennent, depuis plus de 10 ans, de nombreuses actions visant à une connaissance scientifique et

\* Département des travaux publics, Service de l'aménagement du territoire du canton de Vaud, CH-1000 Lausanne.

\*\* Laboratoire de Pédologie-IATE, Ecole Polytechnique Fédérale, CH-1015 Lausanne.

opérationnelle des sols du canton. Parmi ces actions, la cartographie des couvertures pédologiques tient une place importante, à la fois en tant qu'instrument de connaissance, élément de décision pour la finalisation d'un projet et outil de gestion et de surveillance des sols.

Les auteurs ont ainsi élaboré, dès 1985 et jusqu'à aujourd'hui, des cartes à échelles variées, adaptées aux besoins spécifiques des utilisateurs, tels que les Améliorations Foncières, le bureau des autoroutes, etc.<sup>1</sup>

Cet article fait la synthèse des connaissances acquises sur les couvertures pédologiques du Canton et République de Genève. L'organisation des couvertures pédologiques à l'échelle régionale y est décrite; les principales propriétés génétiques et fonctionnelles des sols sont évoquées de même que leur typologie.

<sup>1</sup> Inventaire des terres agricoles pour le Dépt de l'Intérieur et de l'Agriculture, 10'000 ha de la superficie du canton, à l'échelle du 1:50'000:

a) chapitre des sols des "Terres agricoles de l'an 2'000";

b) secteurs de référence à l'échelle du 1:12'500, 13 secteurs couvrant au total 1'500 ha;

c) carte des sols par extrapolation au 1:50'000 de l'ensemble de la surface agricole. Cartes thématiques dérivées: dynamique de l'eau, aptitude au travail du sol, aptitude à la mise en valeur.

– Remaniement parcellaire des communes de Bardonnex, Chancy, Plan-les-Ouates et Presinge: carte des sols et classification au 1:5'000.

– Routes nationales - Emprise de l'autoroute de contournement N1A - Gestion des terres remaniées sur les emprises définitive et provisoire de l'autoroute: env. 150 ha. - Carte des sols, carte de décapage et, pour les emprises provisoires, carte de classification à l'échelle du 1:1'000.

– Diplôme de Géologie - Cartographie des sols agricoles et forestiers au 1:25'000e en rive gauche sur 3'000 ha.

#### Légende de la carte des sols de Genève

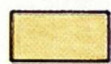
##### Sols sur moraine



Sol d'érosion, calcaire



Sol brun calcaire



Sol brun, partiellement décarbonaté, légèrement pseudo-gleyifié



Sol brun plus ou moins lessivé, non ou peu hydromorphe, sur moraine de retrait



Sol brun plus ou moins lessivé, hydromorphe, sur moraine de fond



Sol brun, plus ou moins fortement hydromorphe, sur argile glacio-lacustre

##### Sols sur graviers fluvio-glaciaires et alluvions anciennes



Sol brun lessivé, localement rubéfié



Sol brun lessivé, sur terrasse du Rhône



Sol brun, sur terrasse du Rhône avec matériaux fins

##### Sols sur alluvions récentes



Sol alluvial carbonaté, non ou peu hydromorphe



Gley alluvial oxydé et oxydo-réduit, humique



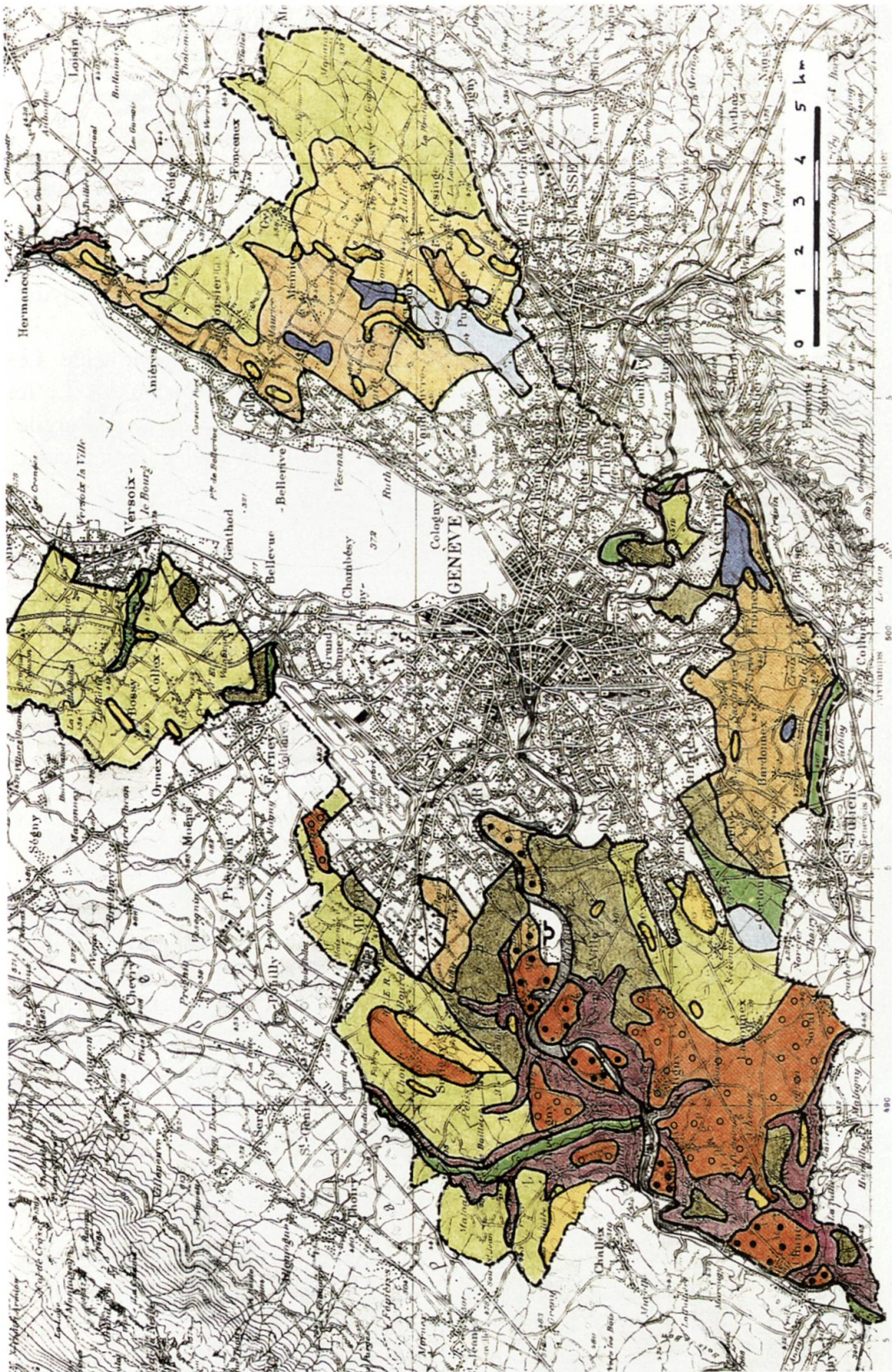
Gley alluvial oxydo-réduit et gley tourbeux

##### Sols des pentes



Complexe de sols dans mélange de moraine, argile glacio-lacustre, graviers et colluvions







## 2. FACTEURS DE LA GENÈSE DES SOLS

### FORMATION DES ORGANISATIONS PÉDOLOGIQUES

#### 2.1 Les mécanismes généraux de la pédogenèse

##### *Altération des roches*

L'action conjuguée de l'eau, de l'air et de la température transforment au cours du temps les minéraux des roches pour donner des altérites très variées. Cette altération met en jeu des processus physiques, comme la division, et chimiques, comme l'hydrolyse.

Sous climat tempéré, l'altération est de type hydrolytique modérément acide. Les minéraux primaires, sauf le quartz, perdent des cations basiques, et s'argilisent. Le fer  $Fe^{+2}$  des réseaux cristallins primaires est exsudé et se dépose à la surface des argiles sous une forme pelliculaire d'hydroxyde ferrique  $Fe(OH)_3$  "à la couleur brune caractéristique: c'est la brunification" (Duchaufour, 1984).

##### *Accumulation de matière organique - humification*

La matière organique fraîche provenant des débris végétaux et animaux de toutes sortes est attaquée et remaniée par la micro-faune ainsi que par la flore du sol. Une partie de cette matière organique est transformée en eau et en gaz,  $CO_2$  en particulier (minéralisation primaire). Une autre partie est remaniée pour former des molécules de plus grande taille, de nature colloïdale et de couleur foncée, qui forment l'humus (humification). Cet humus sera à son tour minéralisé, plus lentement (minéralisation secondaire).

##### *Processus d'agrégation*

Dans la partie la plus superficielle du sol (horizon A), argiles, oxydes de fer et substances humiques se lient (complexes matière organique  $Fe(OH)$ argile = agrégation des constituants), conférant au sol ses qualités essentielles. Dans la partie sous-jacente (horizon B), l'agrégation est surtout minérale avec apparition d'une structure polyédrique d'autant plus marquée que la proportion d'argile et de fer est importante: c'est la formation de l'horizon B structural ou  $B_w$  cambique (horizon S du RP). Il est à noter que la faune édaphique joue un rôle fondamental dans ces processus d'agrégation et de structuration: l'activité des vers de terre dans ce contexte est facile à observer.

##### *Processus de migration et d'accumulation*

Les eaux météoriques sont une action de décarbonatation active sous nos climats. L'horizon de surface décarbonaté peut alors devenir modérément acide, et libérer des argiles (dispersion des argiles). Ces argiles migrent, tapissant les pores plus fins à la base de l'horizon de profondeur qui, enrichi et plus coloré, devient l'horizon argilique

ou textural (horizon B<sub>t</sub>). L'horizon supérieur, appauvri et partiellement décoloré, devient l'horizon éluvial (horizon E).

### *Hydromorphie*

On distingue deux types d'hydromorphie:

#### 1. Hydromorphie temporaire de surface ou pseudogley (redoxysol):

La saturation passagère du sol au dessus d'un "plancher" peu perméable provoque une ségrégation du fer et, quand la nappe disparaît, en été, la précipitation du fer sous forme de taches de rouille et de concrétions ferro-manganifères caractéristiques.

#### 2. Hydromorphie profonde permanente ou Gley (reductisol):

Sous l'influence d'une nappe profonde très réductrice, le fer est entièrement réduit et l'horizon prend une teinte verdâtre (horizon G<sub>r</sub>). Dans la zone intermédiaire (B<sub>gg</sub>) où la nappe s'abaisse en été, le fer ferreux s'oxyde et précipite sous forme de taches de rouille.

## **2.2 Nomenclature et facteurs particuliers de la pédogenèse à Genève.**

"La couverture pédologique est un milieu continu, différencié, en perpétuelle évolution" (A. Ruellan 1993).

Cette évolution est le produit d'une série de facteurs décrits succinctement ci-dessous.

### *Le climat*

Genève jouit d'un climat tempéré continental à caractère humide et frais. Les précipitations y sont en moyenne de 950 mm/an, avec un maximum pendant la période de végétation.

Avec une température moyenne annuelle de 10°, l'évaporation potentielle donne un bilan en faveur des eaux d'infiltration. Le déficit existant de mai à juillet peut être important mais reste inférieur à l'excédant cumulé des autres mois de l'année.

Ces conditions sont favorables à la brunification des sols et l'excès d'eau favorise la décarbonatation et l'entraînement par lessivage des particules solubilisées.

### *La géologie:*

Différentes formations géologiques et influence sur les sols rencontrés.

#### *A. La Molasse*

La molasse n'affleure que ponctuellement et n'influence les sols que sur des surfaces assez restreintes, au sommet de certaines collines érodées (Bossy, Bernex ...) et



sur certains versants raides du Rhône et de ses affluents. Son faciès est le plus souvent un grès tendre à ciment calcaire, donnant un matériau altéré très riche en sable fin caractéristique, relativement perméable. Il peut devenir localement un grès marneux versicolore peu perméable.

### B. *Dépôts glaciaires et périglaciaires:*

#### *Dépôts morainiques würmiens*

“Lors de la dernière glaciation, toute la région a été recouverte sous environ 1'000 m de glace par le glacier du Rhône qui a raboté pendant 50'000 ans les dépôts morainiques de la glaciation précédente et laissé les siens dont les faciès et la composition pétrographique sont identiques” (G. Amberger 1982).

Tous ces matériaux sont carbonatés: 25 à 30% du poids de terre fine (fraction < 2 mm) est constituée de carbonates. Le reste est constitué d'une grande variété de minéraux cristalloylliens alpins, plus résistants à l'altération mais déjà fragmentés dans toutes les tailles par l'action érosive du glacier. Ce matériau, déjà ameubli et finement mélangé par le transport, est un matériau parental de choix pour une organisation pédologique évolutive.

#### *Moraine de fond:*

De texture limono-argileuse, souvent caillouteuse, très compacte, pratiquement imperméable.

Plus que la texture limono-argileuse, avec ou sans présence de galets, c'est la nature très compactée de ce matériau qui le rend pratiquement imperméable.

Que le terrain soit en pente ou plat, l'engorgement hivernal occupe le volume du sol à proximité de la surface, au-dessus de l'horizon C. Il y a formation d'une nappe "perchée" temporaire et évolution vers un pseudogley.

On note fréquemment l'apparition dans l'horizon B de concrétions brun-noir ferromanganifères (Bcn), conséquence de la réduction et de l'oxydation successives de cet horizon, engorgé temporairement.

Du fait de la mise en solution et de la concentration du fer et du manganèse, la brunification devient un caractère secondaire.

L'hydromorphie primaire peut être observée sur les sols érodés. Si l'horizon labouré, même saturé en eau, ne montre pas de signes d'hydromorphie grâce au travail du sol, l'horizon C, par contre, malgré une teneur en eau nettement plus faible, montre des taches d'oxydoréduction caractéristiques (Profil A/C<sub>g</sub>). Cette apparition de l'hydromorphie est souvent indépendante de la position topographique.

#### *Dépôt du retrait glaciaire*

Moraine de retrait de texture limoneuse, fortement caillouteuse, plus ou moins compacte, assez peu et irrégulièrement perméable.

C'est le mode de mise en place qui la rend plus perméable que la moraine précédente mais, dans son ensemble, elle reste insuffisamment perméable.

*Glacio-lacustre:*

Dépôt d'origine morainique. Dans les dépressions inondées de la topographie du retrait glaciaire, argiles et limons ont eu le temps de sédimenter et de donner un matériau fin. La structure laminaire de ce dépôt varvé le rend imperméable et entraîne, comme sur la moraine de fond, une hydromorphie primaire. Sa couleur bleuâtre est même parfois encore plus prononcée.

*Fluvio-glaciaire:*

Dépôt d'origine morainique, trié par les eaux de fonte glaciaire qui ont emporté les particules fines (argiles et limons) pour ne laisser sur place que sable, graviers et galets (souvent exploités comme tout-venant). Ce matériau est très perméable.

Même sous l'action d'une évolution accentuée avec formation d'un horizon Bt argilique, ces sols ne présentent pas de signes d'hydromorphie.

*Dépôts holocènes:**Alluvions et colluvions.*

Les cuvettes de la topographie post-glaciaire ont été occupées par des marais où se sont déposés limons, craies et tourbes. Ces dépôts palustres sont différents des dépôts glacio-lacustres mais peuvent leur ressembler fortement en cas de texture argilo-silteuse.

Les dépôts laissés par des rivières varient des sables et graviers aux alluvions fines auxquelles s'ajoutent les colluvions des bas de versants qui les ont alimentés.

Les sols à gleys qui occupent les cuvettes et les alluvions fines des plaines (présence d'une nappe permanente) ont été drainés. Ils peuvent alors devenir fertiles, et comme les autres gleys drainés, perdre leur caractère fonctionnel de gleys tout en gardant les signes extérieurs. Dans les bas fonds, les gleys restent toutefois difficiles à travailler.

L'épaississement du profil utile par colluvionnement peut mettre celui-ci hors nappe indépendamment de la nature des colluvions, la nappe s'installant sur le "plancher" de la moraine sous-jacente. Ce phénomène peut expliquer localement une morphologie du sol moins engorgée en bas de pente alors que sur la même pente en amont, l'hydromorphie sera plus active.

Dans les combes étroites et les thalwegs secondaires, les dépôts alluviaux, horizontaux, sont mélangés avec les colluvions du bas des pentes. Selon la nature des dépôts, et en cas de dépôts grossiers à la base en particulier, le drainage y devient très efficace et l'engorgement de surface nul malgré des apports de ruissellement importants. Un cas type peut être observé dans la petite vallée de l'Arande à Bardonnex où les dépôts silto-argileux (matériaux d'exploitation de l'ancienne tuilerie, avec 50 % A et 50 % L, parfaitement structurés), au-dessus de graviers à 4 m de profondeur, ne présentent aucun signe d'hydromorphie.

*C. Le relief. Influence du mésorelief sur les types de sols et leur profondeur.*

Dans le canton de Genève, le relief est caractérisé par un modelé du plateau molassique hérité de l'époque glaciaire. Il est recouvert sur la plus grande partie de sa surface



par des dépôts morainiques. Ce relief est marqué par un abaissement relativement rapide du niveau de base du Rhône, imposant au réseau hydrographique quelques incisions à versants raides et de petites vallées à remplissage alluvial très individualisé.

Les pentes, en permettant l'entraînement mécanique des particules vers l'aval, rajeunissent le sol en permanence (colluvionnement). A l'amont, les horizons supérieurs les plus anciens sont enlevés, amenant à la surface les horizons de profondeur. A l'aval, le sol s'épaissit par dépôt en surface des éléments pris à l'amont. Les éléments transportés en ce cas (agrégats argilo-humiques colorés) sont évolués mais l'organisation du sol est rajeunie.

L'organisation des sols en chaîne (séquence) dans un ordre logique est lié au facteur pente. En effet, le relief, par la forme et l'intensité des pentes, va interférer avec le développement régulier d'un type d'organisation pédologique. On voit cette action à la fois sur le type et sur la profondeur des sols.

Sur les parties convexes du relief, on rencontre les sols les plus superficiels, carbonatés (érosion plus rapide que la formation du sol). L'horizon de labour repose directement sur le matériau parental (moraine ou localement molasse).

Sur les pentes où s'équilibrent érosion et altération, on rencontre des sols bruns. Selon l'activité de l'érosion et la finesse de la texture, la profondeur est de 50 à 70 cm. L'horizon Ap labouré de 35 cm, ne reposant plus directement sur le matériau parental, peut être calcaire ou décarbonaté.

En bas de pente, on rencontre des sols colluvionnés, souvent reconnaissables à la présence de charbon de bois dans l'horizon (B), hors de portée des outils agricoles. De manière générale, une profondeur supérieure à 100 cm est souvent un signe de colluvionnement, celui-ci permet au sol d'atteindre une profondeur considérable, jusqu'à 150 cm ou plus.

Sur les pentes faibles et les replats, où l'altération l'emporte sur l'érosion, on rencontre des sols lessivés (hydromorphes ou non). L'horizon B est développé jusqu'à une profondeur de 70 à 100 cm.

Dans les bas fonds, on rencontre des sols hydromorphes à gley. L'horizon (B), est développé dans un matériau souvent fin. La limite de profondeur de l'horizon (B) n'est plus due à la pente, mais à la présence d'une nappe phréatique, et donc d'un plancher gleyifié. Le niveau de ce plancher, et par conséquent le type de sol qui le domine, sont conditionnés par le drainage des matériaux qui occupent le bas-fond.

#### *D. La végétation*

A l'origine, les sols de Genève se sont constitués sous forêt feuillue (végétation climax: chênaie-charmaie). Les forêts actuelles ne sont plus que les reliques de la végétation originelle, le plus souvent cantonnées sur les sols les plus hydromorphes et difficiles à mettre en valeur, ou sur les versants raides du réseau hydrographique.

Là où elle est en place, la végétation naturelle et permanente protège le sol contre l'érosion et une évolution accélérée.

*Le temps. Relation entre degré de décarbonatation et différenciation morphologique des sols.*

Le temps est nécessaire à la réalisation de l'édifice extraordinairement complexe qu'est un sol évolué. Le temps est également nécessaire pour que les actions mécaniques de l'érosion ou du colluvionnement construisent de nouvelles organisations pédologiques.

A Genève, la pédogenèse est exclusivement holocène. L'évolution pédologique n'a pu commencer qu'après le retrait des glaces, il y a 13'000 ans.

Dès le retrait des glaces, les eaux météoriques et la végétation vont être les agents actifs de la décarbonatation du matériau morainique. Au départ, ce matériau peut être considéré comme uniformément riche en carbonates (25 à 30 % du poids de la terre fine). Les textures, variables, et les conditions d'infiltration vont changer l'efficacité du temps sur la décarbonatation du sol et par là la rapidité de son évolution. Plus la texture est grossière, plus la décarbonatation sera rapide. Au départ et sous couverture forestière, le potentiel de décarbonatation des eaux peut être considéré comme uniforme; on constate aujourd'hui un résultat assez diversifié.

La décarbonatation du sol est contrebalancée par le processus d'érosion, phénomène lent, permanent, souvent imperceptible, surtout sous couvert forestier.

Selon le niveau d'équilibre entre décarbonatation et érosion, on observe plusieurs stades. Le résultat de l'évolution "normale" pendant ce laps de temps est une organisation de type sol brun lessivé (ou Luvisol), développé sur 1 m de profondeur dans un matériau limoneux et graveleux.

Si la décarbonatation est ralentie (mauvaise perméabilité du matériau), ou si l'érosion est accélérée, l'organisation ne dépasse pas celle du type sol brun, sol brun calcaire ou sol brun calcaire. Dans ce dernier cas, le plus extrême, le profil se "rajeunit": il reste carbonaté et ne peut pas évoluer vers un stade de sol brun lessivé.

A l'inverse, sur matériau très perméable et sur des surfaces horizontales pratiquement exemptes d'érosion, la décarbonatation est accélérée à cause d'un volume de terre fine très diminué (forte proportion du squelette: éléments > 2 mm) et une percolation aisée de toutes les eaux pluviales. L'organisation du sol devient celle d'un sol lessivé rubéfié en moins de 13'000 ans puisqu'on trouve ce type de sol sur la "terrasse de 20 m", (plus jeune que les dépôts fluvio-glaciaires).

Le colluvionnement réorganise les sols en apportant à leur surface des éléments le plus souvent décarbonatés. En ce cas, la brunification est conservée mais l'organisation est celle d'un sol plus jeune.

Dans le cas d'un apport de matériau riche en  $\text{Ca}^{2+}$ , l'évolution est freinée à un stade encore plus jeune.

Cette action conjointe de l'érosion et du colluvionnement peut être à l'origine d'anomalies pédologiques telles qu'un sol colluvial rubéfié et calcaire, ou un horizon typiquement argillique à réaction calcaire.



*L'homme. Forme et degré d'anthropisation des sols.*

Dernier arrivé parmi les utilisateurs du sol, il transforme le milieu où il vit et modifie profondément le sol dont il tire sa subsistance. La mise en valeur de cet outil de production végétale peut s'accompagner de mesures propres à l'améliorer, mais beaucoup plus souvent, à le détériorer et même le détruire irrémédiablement. On peut remarquer que s'il faut des millénaires pour organiser un sol sur 1 m de profondeur, il faut par contre très peu de temps pour détruire cet édifice complexe par des actions inconsidérées.

La région jouissant d'un climat favorable, de sols profonds et d'une topographie favorable, l'homme en a défriché la plus grande partie pour la mise en culture.

L'influence humaine est très marquée, même en sol forestier actuel. Elle interfère avec la distribution et l'évolution "normale" des sols:

### **Le labour**

L'horizon de labour est épais, 35 cm en moyenne, contre 25 cm le plus souvent dans d'autres cantons. Il englobe la partie supérieure de l'horizon (B), et même parfois une partie du C (cas des profils A - C). Ce brassage vertical à profondeur moyenne et l'étalement (naturel et mécanique) de l'horizon de labour calcaire sur des surfaces considérables, élèvent le pH de surface des sols à horizon lessivé.

On observe une troncature par le travail intense du sol, nivelant certaines ondulations naturelles (voir fig.6)

Le labour, l'intensification des cultures ouvertes, la taille des parcelles et la mise à nu des sols pendant de longues périodes ont également pour conséquences d'exposer plus directement la surface du sol à l'érosion et au colluvionnement.

L'équilibre primitif entre érosion et altération est modifié; l'érosion devient très rapide à une échelle de temps humaine. Les effets les plus spectaculaires s'observent après les premiers orages d'été sur les sols de vigne et sur les cultures sarclées.

### **Le drainage**

La grande majorité des sols à engorgement temporaire de surface (pseudogley) ou permanent (gley) ont été mis en valeur par drainage, qui leur permet de fonctionner comme des sols aérés. Leurs caractéristiques observables sont toujours celles de sols fortement hydromorphes – on observera l'apparition d'une oxydation secondaire des horizons auparavant réduits – mais leur fonctionnement est devenu celui de sols naturellement drainés. Si les conditions de texture sont favorables, ces sols drainés comptent même parmi les plus fertiles.

## **3. SYSTÈMES ET TYPOLOGIE DES ORGANISATIONS PÉDOLOGIQUES**

### **3.1. Les systèmes pédologiques**

#### **1.- Géomorphologie et unités paysagiques**

Les couvertures pédologiques genevoises peuvent s'intégrer dans l'un ou l'autre des quatre sous-ensembles suivants:

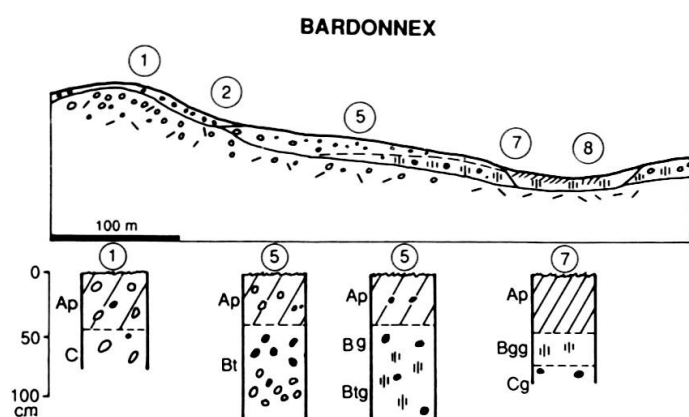


FIG. 1.

Sols des séquences

- 1 Sols calcaires d'érosion
- 2 Sols bruns calcaires colluviaux
- 3 Sols bruns calcaires alluviaux
- 4 Sols bruns colluviaux-alluviaux
- 5 Sols bruns ± lessivés
- 6 Pseudogleys
- 7 Gleys oxydés
- 8 Gleys réduits

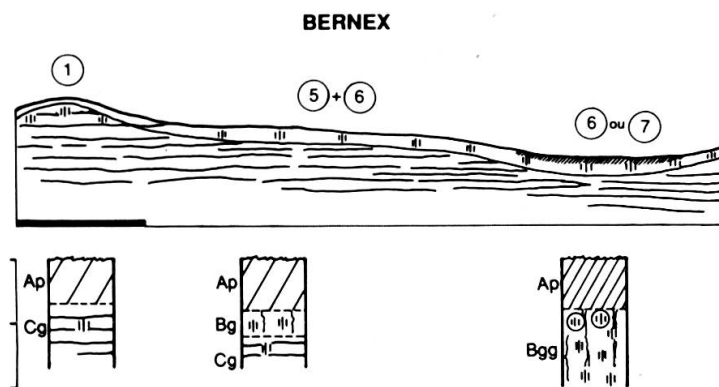


FIG. 2.

- les collines morainiques forment, dans le paysage, un ensemble de petites collines à pente faible séparées, les unes des autres, par des petites dépressions. Une analyse plus fine de ces moraines montrent qu'elles sont constituées soit de matériaux graveleux, relativement filtrants (*cf.* fig. 1 séquence de Bardonnex), soit de matériaux plus compactés, de type "moraine de fond", dont les caractéristiques hydrodynamiques permettent alors le développement de milieux hydromorphes plus ou moins anoxiques (*cf.* fig. 2 séquence de Bernex).

La variation latérale des faciès morainiques est souvent très rapide de sorte que milieux drainés et milieux hydromorphes peuvent se succéder rapidement le long d'une même séquence. Notons aussi que les dépressions, dans la mesure toutefois où leur surface excède 1 hectare environ, présentent toujours un caractère hydromorphe (*cf.* paragraphe 2).

- la terrasse fluvio-glaciaire de Champagne représente, en elle-même, une entité spécifique puisque constituée de graviers déposés lors du dernier retrait glaciaire du Würm et dominant le lac Léman d'une hauteur moyenne d'environ 40 mètres. Les couvertures pédologiques sont argilluviées (= lessivées), légèrement acides mais néanmoins sans trace significative d'hydromorphie (*cf.* fig. 3 séquence de Chancy).

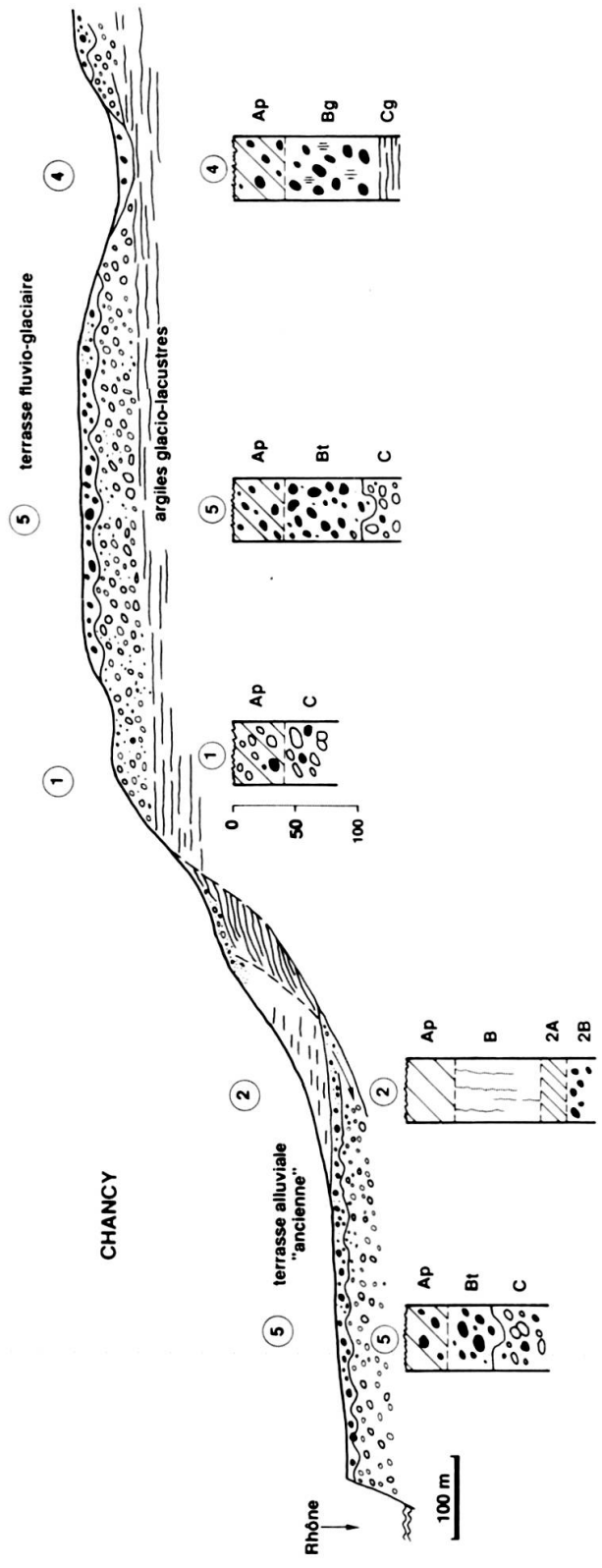


FIG. 3.



- les vallées d'incision du plateau molassique, largement encaissées et à talus d'érosion bien développé, sont localement organisées en terrasses alluviales graveleuses dominant, de plus de 20 mètres, les cours de l'Arve et du Rhône. A l'inverse, des cours

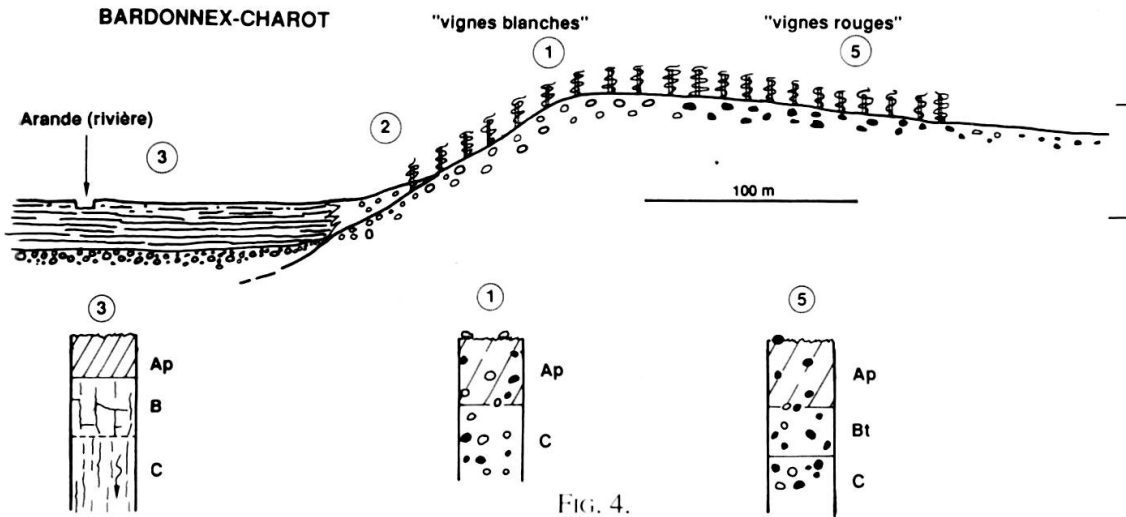


FIG. 4.

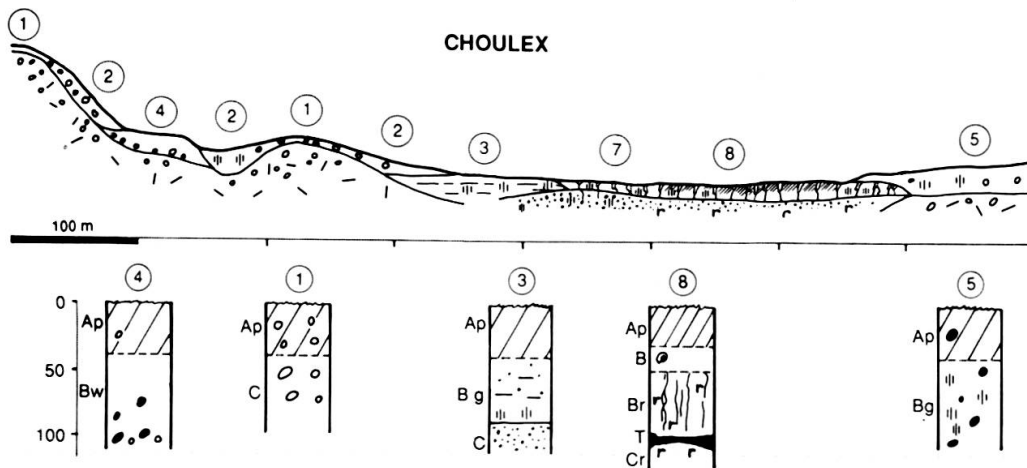


FIG. 5.

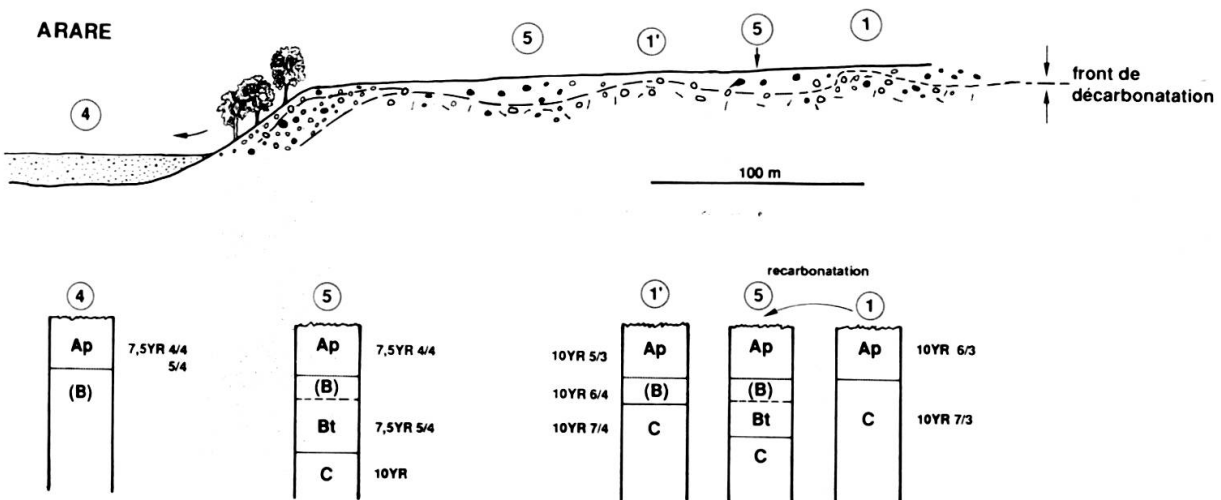


FIG. 6.

d'eau moins conséquents, comme l'Allondon, la Versoix, l'Arande, etc., n'ont pas déposé d'alluvions le long de leur tracé actuel (cf. fig. 3 séquence de Chancy et fig 4 séquence de Bardonnex-Charot).

- les thalwegs découlant de la morphogenèse glaciaire comprennent la "plaine" de l'Aire et de la Seymaz, largement ouvertes et parsemées d'alluvions lacustres (cf. fig. 5 séquence de Choulex), les "vallons" de l'Eau Morte et des Vaulx (Arare) où il devient très difficile de séparer les alluvions des colluvions (cf. fig. 6 séquence d'Arare).

### 3.2 analyse structurale de toposéquences

Une toposéquence exprime l'organisation des sols le long des formes du terrain.

Les différentes séquences présentées ici sont choisies en tenant compte de la nature diverse des faciès morainiques rencontrés et de leurs relations avec les dépôts récents; elles en résument la variabilité.

#### TOPOSEQUENCE SUR MORAINNE RHODANIENNE D'ÂGE WÜRMIEN

Longueur totale: quelques centaines de mètres

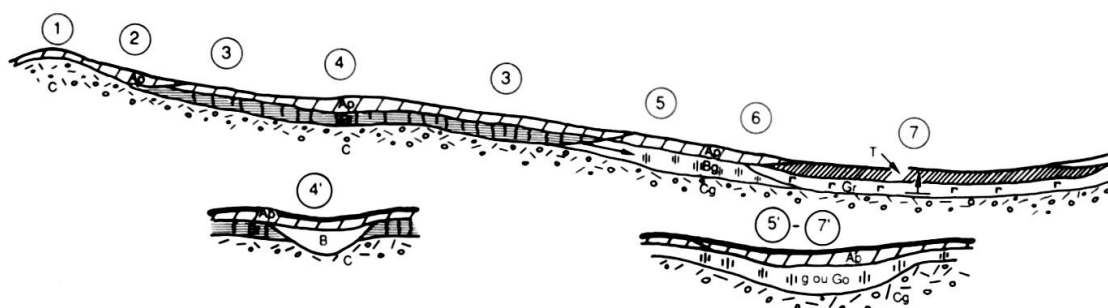


FIG. 7.

#### Modélisation d'une toposéquence sur moraine rhodanienne

1/ pôle d'érosion; 2/ zone de troncature et de recarbonatation superficielle; 3/ apparition de l'horizon AE; 4/ épaisseur par colluvionnement partiel ou affectant la totalité des horizons dans le cas 4' qui représente un creux comblé en coupe frontale (sens transversal à la pente); 5/ zone de bordure de creux, début d'enrichissement en matière organique de l'horizon de surface à caractère colluvial. Apparition du gley oxydé, ou du stagno-gley (pseudogley quasi permanent avant drainage) dans le cas 5'-7' d'une dépression au relief moins marqué; 6/ zone de transition entre gley oxydé et gley réduit avec niveau organique enfoui. Dans ce cas, c'est la partie située juste sous la couche organique qui est la plus réduite. On a donc un horizon "r" sur un horizon "gg" à pH plus élevé; 7/ centre de la cuvette marécageuse, pôle hydromorphe. Terre noire dès la surface surmontant un horizon plus ou moins réduit, souvent carbonaté.

### 3.2.1. *Organisation structurale des couvertures pédologiques sur collines morainiques, toposéquence modélisée*

L'organisation apparaît très fortement liée aux caractéristiques topographiques mais aussi aux caractéristiques lithologiques des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires. S'il est donc habituel de parler de "toposéquence" il s'agit bien en fait de "topolithoséquence" dans lesquels topographie et lithologie apparaissent comme des facteurs importants de la genèse et du fonctionnement des couvertures pédologiques.

En règle générale les parties sommitales des buttes sont recouvertes par des sols calcaires, morphologiquement peu différenciés puisque ne présentant pas d'horizon B structural (1). Vers l'aval (2) des formes rajeunies par l'érosion (solums tronqués) cohabitent avec des formes recarbonatées par transfert amont -> aval de  $\text{CaCO}_3$  (3). Les replats (4) favorisent le lessivage (argilluviation) de sols plus ou moins remaniés par colluvionnement. Ce remaniement est parfois difficile à repérer à cause du nivellement anthropique des surfaces agricoles. Dans les creux, les formations hydromorphes prédominent, à l'exception toutefois des zones enrichies par des dépôts fluvio-glaciaires épais ou par des colluviums de bordure de pente; dans ces deux types de figure, en effet, le caractère drainant des dépôts reporte souvent l'hydromorphie à une profondeur supérieure à 1 mètre (4').

A cette règle générale se superpose l'effet spécifique de la nature de la moraine.

En présence d'une moraine de fond peu perméable, l'hydromorphie peut se manifester en toute position topographique, y compris en partie sommitale des buttes, où se rencontrent, fréquemment, des pseudogley primaires. Le caractère très hétérogène de la moraine de fond induit toutefois une variation spatiale importante et aléatoire de la granulométrie donc de l'hydromorphie; c'est ainsi que l'on trouve des inclusions hydromorphes dans les moraines graveleuses et inversement des lentilles graveleuses perméables dans la moraine de fond.

Lorsque la moraine est plus graveleuse, l'eau des reliefs et des pentes se concentre dans les dépressions où se forment des réductisols à hydromorphie permanente  $\pm$  marquée, les formes les plus réduites prédominants au centre des dépressions, même lorsque la granulométrie est sableuse, car des dépôts plus compacts se trouvent en profondeur. Des plaquages, d'épaisseur variable ( $\geq 40$  cm), de colluvions argilo-limoneuse peuvent se localiser en périphérie des dépressions.

La limite entre la dynamique de nappe perchée temporaire, liée à l'hydromorphie primaire, et la dynamique de nappe permanente, liée à l'hydromorphie secondaire, est souvent difficile à localiser aux abords des dépressions (5).

### 3.2.2. *Organisation des sols alluviaux des plaines postglaciaires*

La bordure des cours d'eau actuels est occupée par des alluvions sablo-graveleuses à hydromorphie faible ou de profondeur. En s'éloignant, elles sont relayées par des alluvions fines venues recouvrir les couches grossières; ces alluvions sont soumises à d'importants battements de nappe (gleys oxydés alluviaux carbonatés).



Dans les points bas des plaines les plus évasées, on retrouve des cuvettes marécageuses assez semblables aux dépressions morainiques. Les alluvions y sont encore plus fines, avec des niveaux organiques enfouis ou affleurants. Dans les sols alluviaux fins drainés artificiellement, il n'est pas rare de rencontrer, après les épisodes pluvieux, deux nappes superposées: permanente en profondeur et perchée en surface.

### 3.3 Les principaux types de sols

Pour exprimer la nomenclature des sols nous avons choisi d'utiliser la terminologie actuellement proposée par la Société Suisse de Pédologie (1992); toutefois des équivalences seront données avec les classifications du Référentiel Pédologique de 1992, la CPCS (1967) et la classification de la FAO.

#### 3.3.1. Les sols peu différenciés à profil A-C

##### *position dans le paysage et substrat géologique*

Ce sont des sols érodés qui se rencontrent au sommet des buttes et aux ruptures des pentes sur les différents matériaux morainiques. De très faibles ondulations de la surface ont suffi à les faire apparaître en petites unités ou inclusions à l'intérieur d'unités de sols plus évolués.

##### *caractères des horizons*

Couleur plus claire que les autres sols en surface, liée à la présence des carbonates.

Charge en cailloux en surface plus forte que dans les autres sols (sauf sur les argiles glacio-lacustres dépourvues de charge grossière).

La texture reste identique à celle des dépôts morainiques sous-jacents, mais des variations sont toujours possibles.

Faible épaisseur, souvent limitée à l'horizon de labour.




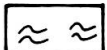

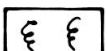


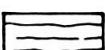





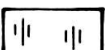
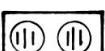
##### *variantes*

- très graveleux sur moraine graveleuse et fluvio-glaciaire
- hydromorphe à pseudogley primaire sur moraine argileuse et argile glacio-lacustre.

##### *taxonomie*

CH	→ régosol et intergrades régosol-brun calcaire superficiel
RP	→ rendosol et intergrades rendosol-calcosol
CPCS	→ rendzine et intergrades rendzine-brun calcaire
FAO	→ calcaric cambisol

Légende des symboles utilisés pour la description des profils.

	matière organique		taches de réduction du fer	
	tourbe		reprécipitation de carbonates	
	structure fendillée		vers de terre	
	structure cubique, massive		charbons de bois	
	structure lamellaire		coquilles d'escargots enfouies	
	cailloux. En noir: siliceux; en blanc: calcaires		enracinement bon moyen faible	
	horizon riche en sable			compacité des horizons forte
	taches d'oxydoréduction			
	concrétions ferro-manganiques			

*profils de référence*

**Type de sol regosol calcaire**

(**RP: rendosol ou calcosol tronqué; CPCS: rendzine brunifiée; FAO: calcarié cambisol**)

**substrat moraine sur molasse**

lieu "la Capite" commune de Cologny

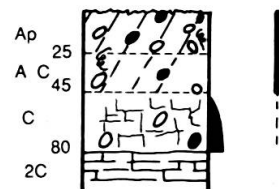
alt. 480 m

coord. 503'575 x 119'900

situation: pente 18%

utilisation: grandes cultures

description 0-25 cm: horizon de surface limoneux, grumeleux à polyédrique, peu calcaire, assez caillouteux.  
25-45 cm: transition progressive. Horizon AC.  
45-80 cm: moraine argileuse. Horizon C  
>80 cm: molasse. Horizon 2C.



horizon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
A	-	0.7	32	43	25	1.6	0.16	10	16	0.45	0.46	16.5
AC	8.3	24	31	44	25	0.5	0.07	7.1	13	0.50	0.22	14.1
C	8.5	31	18	23	59	0.1	0.04		11	0.41	0.15	11.7

**Type de sol** **Regosol calcaire d'érosion**  
(**RP: rendosol; CPCS: rendzine ; FAO: calcaric regosol**)

**substrat** **moraine hydromorphe à faciès glacio-lacustre**

lieu **CHANCY 6**

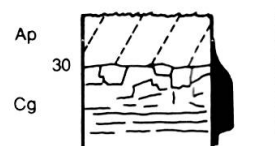
alt. alt. 396 m

coord. 487'700 x 112'800

situation léger replat dans une pente irrégulière de 10%.

utilisation céréales

description



0-30 cm: horizon Ap argilo-limono-calcaire, brun jaune, (10YR 4/3 ou 2.5Y 5/3), à petits polyèdres argileux accolés en mottes arrondies de la grosseur d'une orange, s'effritant plus ou moins, à noyau peu poreux d'aspect gommeux et sans porosité.

>30 cm: passage rapide à un horizon Cg, de couleur gris clair (5Y 6/1), imperméable, massif se débitant en cubes grossiers aux faces très humides, mais sec dans la masse. La structure lamellaire empêche l'infiltration de l'eau.

horizon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap	7.7	26	8	52	40	0.8	0.12	6.7	14	1.34	0.27	16.6
Cg	8.5	35	4	48	48	0.2	0.05		10	2.98	0.18	14.2

### 3.3.2. Les sols moyennement différenciés à profil A-B-C

#### A. Sols jeunes, carbonatés profil A (B) C

##### *position dans le paysage et substrat géologique*

On les rencontre d'une part sur moraine en contrebas des sols érodés et d'autre part sur les dépôts d'apport récent, alluvions et colluvions, dont la texture est suffisamment fine pour permettre la construction rapide d'une structure sur toute l'épaisseur.

##### *caractères des horizons:*

La teneur en carbonates est variable.



La couleur des horizons est le plus souvent brun jaune. Une couleur brune plus vive est cependant parfois observée sur moraine, ce qui semble indiquer le remaniement de sols auparavant plus évolués.

La teneur en matière organique est généralement plus élevée que dans les autres sols évolués, sans doute à cause du rôle stabilisateur joué par les carbonates.

La présence de reprécipitations de  $\text{CaCO}_3$  à la base de certains profils en pied de pente (horizon  $\text{BC}_k$ ) témoigne de la dynamique oblique de l'eau.

Dans les matériaux alluviaux, la présence d'horizons de graviers en profondeur favorise le drainage. A l'inverse, les couches d'argile d'anciens marais engendrent l'hydromorphie.

#### *variantes*

- intergrades hydromorphes à gley oxydé dans alluvions, parfois à gley réduit en profondeur.

- intergrades à pseudogley primaire sur moraine argileuse.

#### *taxonomie*

CH	→ brun calcaire
RP	→ calcosol
CPCS	→ brun calcaire
FAO	→ calcaric cambisol

#### *profils de référence*

**Type de sol** Sol brun calcaire colluvial(RP: calcosol; CPCS: sol brun calcaire; FAO: calcaric cambisol)

**substrat** limon de ruissellement sur la terrasse du Rhône

lieu Chancy 3

alt. 365 m

coord. 487'500 x 111'500

situation relief plat

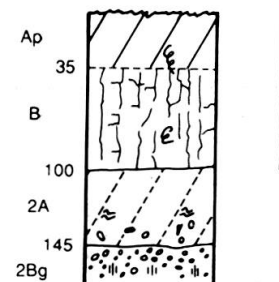
utilisation colza

description 0-35 cm: horizon Ap, fortement limoneux

et calcaire brun jaune, (10YR 5/3), sans cailloux, à structure grumeleuse détruite et croûtée en surface après la fonte des neiges.

35-80 cm: même matériaux, horizon B à structure prismatique grossière peu développée mais à bonne porosité, avec de nombreuses racines et de rares taches de rouille, transition graduelle sur 30 cm, limite d'enracinement vers 1 m.

100-145 cm: horizon 2A, plus foncé (10YR 3/4), encore poreux, contenant un peu de matière organique et seulement des traces de calcaire sous forme de précipitations. C'est la partie supérieure d'un

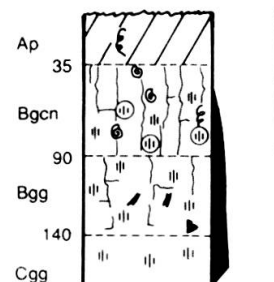


autre sol enfoui datant de l'époque romaine. Présence de quelques galets repris aux alluvions.

150 cm et plus: horizon 2B<sub>g</sub>, argilo-sableux non calcaire, brun assez vif (7.5YR 4/6), développé dans la partie supérieure des alluvions anciennes de la terrasse. Structure massive et compacte avec des taches de rouille, pas de racines vivantes.

horizon	pH H <sub>2</sub> O	CaCo <sub>3</sub>	granulométrie			matière organique				cations		
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap	8.0	29	16	63	21	1.5	0.17	8.8	10	0.45	0.44	11.2
B	8.2	23	12	64	24	0.3	0.07		11	0.62	0.19	12.5
2A	8.0	0.8	32	37	31	0.5	0.08		13	1.05	0.19	15.0
2B <sub>g</sub>	8.0	-	42	25	33	0.3	0.06		16	1.39	0.18	17.8

<b>Type de sol</b>	<b>Sol brun calcaire alluvial à gley profond</b> <b>(RP: calcosol reductique, fluviatique; CPCS: Sol brun calcaire alluvial à gley oxydé; FAO: gleyic calcaric cambisol)</b>
<b>substrat</b>	<b>alluvions fines</b>
lieu	Puplinges, vers la Seymaz
alt.	429m
coord.	506'150 x 118'375
situation	plaine alluviale
utilisation	cultures maraîchères et blé
description	0-35 cm: horizon de surface, brun gris foncé (2.5Y 4/3), grumeleux à polyédrique. 35-90 cm: apparition des taches d'hydromorphie avec une structure prismatique. >90 cm: couleur brun olive (2.5Y 4/4), structure devenant massive. La nappe a été rabattue à 2,3 m.



horizon	pH H <sub>2</sub> O	CaCo <sub>3</sub>	granulométrie			matière organique				cations		
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap	8.2	0.9	12	45	43	2	0.21	9.5	26	1.26	0.72	28.0
	8.5	11.5	6	56	38	0.9	0.11		24	1.05	0.29	25.2
Bgg	8.5	2.9	13	41	46	0.7	0.09		28	1.58	0.40	30.0
Cgg	8.6	24	13	58	29	0.5	0.05		17	1.01	0.24	18.7

## B. Sols décarbonatés profil A B<sub>w</sub> C

*position dans le paysage et substrat géologique*

Plus ou moins en situation d'érosion et de remaniement modérés, partiellement tronqués ou colluvionnés, distribués en association avec les sols bruns lessivés, généralement sur moraines graveleuses.

#### *Caractère des horizons*

Caractéristiques moyennes à tous égards, la granulométrie et la charge en cailloux dépendent des faciès morainiques dont ces sols sont issus, avec un enrichissement en argile notable dans les horizons B<sub>w</sub> sur moraine caillouteuse et, en corollaire, une couleur brune plus vive (7.5YR à 10YR).

Il s'agit tantôt de sols brun lessivés tronqués dans lesquels on n'observe plus de gradient d'argile, tantôt de sols partiellement colluvionnés dans lesquels l'horizon Bt est enfoui en profondeur et où l'horizon E a disparu.

#### *variantes*

Sols calciques et à recarbonatation superficielle.

Intergrades hydromorphes à pseudogley et gley oxydé sur moraine et colluvions.

#### *taxonomie*

CH	→ sol brun (Les sols à horizon Bg apparaissant à moins de 60 cm sont dits bruns à pseudogley ou à gley oxydé; en dessous de 60 cm l'hydromorphie est considérée comme faible)
RP	→ brunisol
CPCS	→ sol brun
FAO	→ cambisol

#### *profils de référence*

<b>Type de sol</b>	<b>Sol brun pseudogleyifié</b> (RP: brunisol redoxique; CPCS: sol brun à pseudogley; FAO: gleyic cambisol)	
<b>substrat</b>	<b>moraine de fond et colluvions</b>	
lieu	route du Sezenove, commune de Bernex	
alt.	454 m	
coord.	493'350 x 114'100	
situation	replat avec léger creux	
utilisation	grandes cultures	
description	0-35 cm: horizon de surface brun jaune foncé (10YR 4/4), finement polyédrique. 35-65 cm: horizon intermédiaire colluvial polyédrique moyen avec des taches d'oxydoréduction 65-100 cm: horizon jaune olivâtre (2.5Y 6/4) avec taches d'oxydoréduction plus intenses, compact, assez caillouteux. 100 cm: moraine de fond compacte, transition progressive.	



horizon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap	7.1		24	44	32	2.3	0.21	11	16	0.97	0.42	17.5
Bg	7.9		24	46	30	0.6	0.08	7.5	15	1.00	0.18	15.8
Bgg	8.1		32	41	27	0.4	0.06	6.7	16	1.27	0.18	17.4
Cg	8.7	24	3	82	15	0.1	0.04	2.5	13	1.67	0.14	15.2

### 3.3.3. Les sols très différenciés lessivés: profil A-E-B<sub>t</sub>-C

#### *position dans le paysage et substrat géologique*

On les trouve dans les endroits plats ou en faible pente sur des matériaux déjà en place à la fin de la dernière glaciation, ou postérieurs de peu au retrait glaciaire mais ayant favorisé une évolution rapide comme celle des alluvions de la terrasse de 20 m du Rhône.

#### *caractère des horizons*

L'horizon de surface appauvri en argile par lessivage présente une texture plus légère et une couleur plus claire. Il est particulièrement sensible à la destruction de la structure (battance) dans les sols à drainage lent (brun lessivé à pseudogley). Il est parfois difficile de reconnaître l'horizon E du fait qu'il est réincorporé dans l'horizon de labour Ap.

L'horizon B<sub>t</sub> prend une couleur brun rouge (5YR) sur les graviers fluvio-glaciaires de Champagne, la déshydratation des oxydes de fer étant favorisée dans ce milieu très drainant. Il s'agit là d'une convergence avec les sols méditerranéens, tels que ceux décrits par Bornand sur la basse terrasse würmienne du Rhône dans la région de Valence - Montélimar.

On est en présence d'un début de formation d'hématite et ce phénomène se retrouve au pied du Jura Vaudois (Claire Guenat, 1987).

Sur les moraines plus lourdes, ayant engendré des sols bruns lessivés à pseudogley, on constate que le sol est moins épais que sur les moraines graveleuses, sans doute à cause du défaut de perméabilité (à peine 80 cm au lieu de 100 cm ou plus).

#### *variantes*

sol brun lessivé à pseudogley sur moraine argileuse.

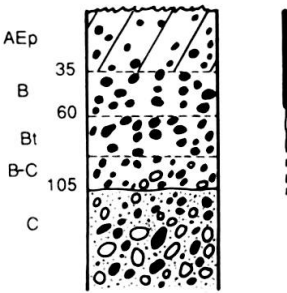
sol brun lessivé faiblement rubéfié sur graviers de la terrasse de 20 m au-dessus du Rhône. Le sol est moins épais que sur la terrasse fluvio-glaciaire de Champagne. Sa couleur, 7.5YR, tend vers le 5YR.

#### *taxonomie*

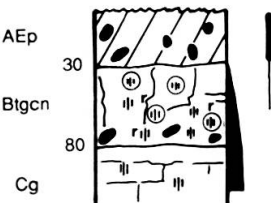
CH → sols bruns lessivés. Pour les intergrades hydromorphes, les mêmes règles que pour les sols bruns s'appliquent.

- RP → néoluvisols  
fersialsols néoluviqes (pour les rubéfiés)néoluvisols redoxiques  
(pour les pseudogleyifiés)
- CPCS → sols bruns lessivés
- FAO → luvisols chromic (pour les rubéfiés)  
luvisols gleyic (pour les pseudogleyifiés)

*profils de référence*

<b>Type de sol</b>	<b>Sol brun lessivé rubéfié</b> (RP: luvisol fersialitique; CPCS: sol brun lessivé rubéfié; FAO: chromic luvisol)	
<b>substrat</b>	<b>graviers fluvio-glaciaires</b>	
lieu	"Les Ronziers" Commune de Chancy	
alt.	429 m	
coord.	489'700 x 113'250	
situation	plateau	
utilisation	grandes cultures avec luzerne	
description	0-35 cm: horizon de surface limono-sableux caillouteux (20%) brun foncé (7.5YR 4/4). 35-60 cm: horizon de transition. 60-80 cm: horizon ocre rouge (5YR 4/6), polyédrique et très caillouteux (40%) 80 - 105 cm: horizon de transition, de couleur brune (10YR 5/6) >105 cm: graviers. Les cailloux calcaires, nombreux dans le matériel parental, ont presque totalement disparu dans le sol.	

horizon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique		
			sables	limons	argiles	C	N	C/N
AEp	6.2	0.4	54	28	18	1.4	0.12	12
Bt	5.5		48	22	30	0.9	0.05	18
BC	7.4	3.4	72	18	10	0.6	0.04	15
C	8.7	38	87	7	6	0.1	0.01	10

<b>Type de sol</b>	<b>Sol brun lessivé à pseudogley</b> (RP: neoluvisol redoxique; CPCS: sol brun lessivé à pseudogley; FAO: gleyic luvisol)	
<b>substrat</b>	<b>moraine de fond</b>	
lieu	"Les Petites Tattes" commune de Vandoeuvres	
alt.	440 m	
coord.	503'525 x 118'300	
situation	pente très peu marquée	

utilisation	grandes cultures sans maïs
description	0-30 cm: horizon de surface brun gris foncé (2.5Y 3/3), grumeleux à polyédrique avec quelques cailloux. 30-80 cm: horizon intermédiaire, couleur de fond brun jaune olive (2.5Y 5/4), de structure prismatique avec des taches d'oxydoréduction, consistance plastique à la base. > 80 cm: moraine de couleur olive pâle (5Y 6/3), à structure lamellaire compacte.

horizon	pH H <sub>2</sub> O	CaCo <sub>3</sub>	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
AEp	7.8	0.4	31	41	28	2.3	0.20	12	25	1.28	0.29	26.3
Btgcn	8.5		28	34	38	0.3	0.04		25	4.77	0.28	30.2
Cg	8.6	27	25	43	32	0.1	0.03		19	4.15	0.20	23.1

### 3.3.4. les sols dominés par l'hydromorphie

#### A) les pseudogleys profil A(g) ou A (cn)-B<sub>gg</sub>-C<sub>g</sub>

##### *position dans le paysage et substrat géologique*

Ils se rencontrent surtout sur les argiles du retrait glaciaire et sur la moraine de fond argileuse, dans les endroits plats et les dépressions peu marquées. Ils sont associés aux bruns et bruns lessivés à pseudogley. Dans les dépressions, il est difficile de les différencier des gleys oxydés sinon par le fait qu'ils reposent encore directement sur les argiles glacio-lacustres.

##### *caractères des horizons*

Les signes d'hydromorphie peuvent débuter déjà dans l'horizon de surface qui tend à se compacter sous cultures.

L'horizon B<sub>gg</sub> possède une surstructure prismatique à fentes bien marquées en saison estivale.

Dans les creux intercollinaires, l'horizon de surface apparaît plus foncé et colluvial.

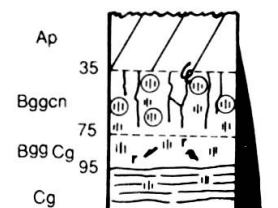
##### *taxonomie:*

CH	→ pseudogley. Sont appelés pseudogleys les sols qui présentent un horizon fortement oxydo-réduit (B <sub>gg</sub> ) avant 40 cm; entre 40 et 60 cm, ils sont considérés comme intergrade "sol brun - pseudogley".
RP	→ redoxisols
CPCS	→ pseudogleys
FAO	→ gleysols

##### *profil de référence*

<b>Type de sol</b>	<b>Sol brun-pseudogley</b> <b>(RP: brunisol-redoxisol; CPCS:</b>
--------------------	---

<b>substrat</b>	<b>sol brun à pseudogley; FAO: gleyic cambisol)</b>
<b>lieu</b>	<b>colluvions issues de moraine à faciès glacio-lacustre</b>
alt.	Chèvres Les Mouilles 78
coord.	405 m
situation	494'900 x 116'500
utilisation	léger thalweg
description	blé
	0-35 cm: horizon Ap, argilo-limoneux, brun jaune, (2.5Y 5/3), devenant plus massif à la base, transition progressive sur 10 cm.
	45-75 cm: horizon B <sub>ggcn</sub> argileux, gris brun pâle (2.5Y 6/2), avec 40% de taches et nodules d'hydroxydes de fer, structure micro polyédrique à surstructure prismatique peu développée, massif, faces luisantes, pores fins dans les agrégats.
	75-95 cm: Bgg-Cg horizon plus massif et plus gris (2.5Y 5/2), contenant des charbons de bois, structure polyédrique comprimée à faces luisantes
	>95 cm: argile glaciaire de couleur brun jaune, grise dans les plans des fentes, fortement calcaire, sèche, structurée en plaquettes.



horizon	pH H <sub>2</sub> O	CaCo <sub>3</sub>	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap	7.6	9	49	42	2.1	0.17	12	22	1.06	0.41	25.5	
B <sub>ggcn</sub>	7.5	7	53	40	0.6	0.05		14	1.12	0.22	16.7	
B <sub>gg</sub> -C <sub>g</sub>	7.6	10	41	49	0.7	0.08		21	2.61	0.34	25.9	
C <sub>g</sub>	8.5	37	8	35	0.2	0.04		23	1.87	0.17	26.8	

## B) Les gleys profil A ou T - B - Cr

### *position dans le paysage et substrat géologique*

Les gleys occupent les dépressions de la topographie morainique et une partie des alluvions fines des plaines de l'Aire et de la Seymaz. Les gleys réduits et les gleys tourbeux occupent le centre des dépressions tandis que les gleys oxydés se trouvent à leur périphérie ou dans les dépressions moins marquées.

### *caractère des horizons*

On remarque la couleur plus sombre de l'horizon de surface (même sur gley oxydé) qui coïncide avec une texture plus fine que celle des sols d'amont et à mettre en rapport avec une origine colluviale. Le caractère artificiellement drainé de ces sols laisse parfois planer un doute entre pseudogley et gley oxydé, quel que soit leur degré d'hydromorphie. On notera la variabilité des horizons empilés au sein des alluvions dans



lesquels se développent ces sols, et le fait que les gleys réduits peuvent se trouver dans des couches sableuses baignant dans la nappe. Les gleys oxydés drainés ont souvent acquis une structure bien construite qui atténue l'inconvénients de l'hydromorphie primitive.

*variantes:*

on trouve de nombreux intergrades entre brun à gley et gley, et entre pseudogley et gley.

*taxonomie*

CH	→ gley oxydé gley réduit gley tourbeux Sont appelés gleys les sols qui présentent un horizon fortement oxydoréduit ou réduit avant 40 cm; entre 40 et 60 cm, ils sont considérés comme intergrades "sol brun - gley"
RP	→ réductisols typiques réductisols histiques
CPCS	→ gley, gley tourbeux
FAO	→ gleysol, humic gleysol, histic gleysol

*profils de référence*

**Type de sol**      **Gley oxydé calcaire**  
(**RP: reductisol calcaire; CPCS: gley oxydé carbonaté; FAO: calcaric gleysol**)

**substrat**      **colluvions fines sur moraine**

lieu      Bardonnex 4

alt.      470 m

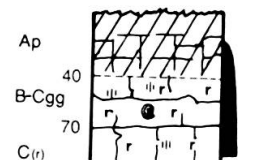
coord.      497'750 x 111'750

situation      plat dans une dépression

occupée par un ancien marais drainé

utilisation      maraîchage

description      0-40 cm: horizon Ap, argileux noirâtre, très peu caillouteux, faiblement calcaire, structure polyédrique grossière avec des fentes de retrait, devenant cubique et massive à partir de 20 cm, présence de vers de terre.  
40-70 cm: gley limono-argileux, calcaire, gris (7.5 Y 5/1), à taches oranges, structure massive à sous structure mal exprimée tendant au polyédrique, présence de débris de coquilles et de quelques racines.  
>70 cm: horizon C(r), observé jusqu'à 1 m, limon argileux calcaire, plus sec, grisâtre, (7.5Y 6/1) et brun orangé à structure prismatique, encore quelques racines.



horizon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique			cations			
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S
Ap1	7.8	0.8	24	35	41	3.6	0.32	11	23	1.27	0.55	25.9
B-Cgg	8.6	27	26	45	29	0.5	0.04		15	1.10	0.12	16.9
C(r)	8.6	38	10	57	33	0.2	0.04		11	1.41	0.12	13.4

**Type de sol**      **Gley tourbeux partiellement décarbonaté, drainé**  
**(RP: reductisol histique, calcique; CPCS:**  
**tourbe calcique sur gley; FAO: gleyic histosol)**

**substrat**      **argile lacustre**

**lieu**      Troinex 3

**alt.**      422 m

**coord.**      502'400 x 113'000

**situation**      plat, dépression avec ancien  
marais drainé

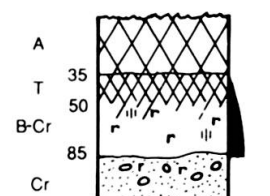
**utilisation**      maraîchage

**description**      0-35 cm: horizon Ap, humifère noir à  
structure grumeleuse fine, sèche  
en surface, devenant cubique moyenne  
et humide, transition progressive sur 10 cm.

35-50 cm: tourbe humifiée noire, frais, structure massive à tendance  
cubique grossière, transition par mélange hétérogène sur 15 cm, plus  
minéral, présence de drains.

65-85 cm: gley argileux faiblement calcaire, grisâtre, (2.5Y 5/2), à  
taches de rouille, frais, massif, quelques passées organiques, quelques  
canaux racinaires gainés de rouille.

>85 cm: horizon Cr, sablo-graveleux, humide, calcaire, d'aspect plus  
réduit en dessous de 105 cm, quoique présentant encore quelques  
taches jaunes.



hori- zon	pH H2O	CaCo3	granulométrie			matière organique			cations				
			sables	limons	argiles	C	N	C/N	Ca	Mg	K	S	T
Ap	7.0	-	11	42	47	10.8	0.82	13	41	2.06	0.73	45.1	45.2
T	7.0	-	20	33	47	10.7	0.82	13	45	2.02	0.51	48.0	48.1
B-Cr	8.1	11.8	8	45	47	0.7	0.08		19	0.92	0.21	21.0	21.0
Cr	8.4	35	74	14	12	0.3	0.03		6.7	0.88	0.08	8.6	8.6

#### 4. Conclusion

La couverture morainique qui couvre pratiquement l'ensemble du canton de Genève est un matériau parental meuble, finement divisé, minéralogiquement très diversifié mais globalement homogène du fait de l'éloignement de la source alpine. Le mode de mise en place a cependant provoqué une diversification secondaire de nature essentiellement physique, liée à la granulométrie et au compactage glaciaire, dont le rôle sur la pédogénèse est prépondérant. Dans les surfaces restreintes où le substrat mollassique affleure, l'évolution du sol reste limitée par la nature surtout sableuse de la roche-mère et le rajeunissement dû à l'érosion.

La géologie, suivant les caractères de la roche-mère est le facteur principal de la diversification génétique des sols. Il y a une bonne corrélation entre les principaux faciès des dépôts morainiques et les types de sols, avec une variabilité de détail imprévisible due aux variations lenticulaires de granulométrie.

La perméabilité des premiers mètres du sous-sol conditionne le régime hydrique des sols. Le caractère compacté d'une grande partie des moraines a engendré une hydromorphie primaire d'intensité variable, souvent modérée ou moyenne. Cette hydromorphie s'intensifie dans les dépressions. Elle a partiellement été corrigée par drainage artificiel.

Le relief est un facteur important. La pente amplifie les transports de matière (eau, solutés, terre, cailloux), et agit sur la profondeur et l'acidité des sols (par modification de la teneur en calcaire). Ce facteur peut devenir prépondérant si la pente s'accroît fortement.

L'activité humaine joue un rôle second, mais pas toujours secondaire. Elle peut être suffisante pour "brouiller les cartes", rendant difficile la lecture des toposéquences. On remarque en effet un certain décalage entre l'observation morphologique des profils (présence de signes d'hydromorphie, lessivage) et leur fertilité actuelle qui résulte pour une bonne part d'améliorations (drainage) et d'intrants (les engrais ont eutrophisé les sols et en ont relevé le pH, actuellement sans rapport avec le développement pédogénétique). Par le travail du sol, l'homme a amplifié les phénomènes d'érosion (synergie avec l'effet des pentes), rajeunissant les sols.

Globalement, on constate que, sous le climat genevois, les moraines ont donné naissance en 13'000 ans à des sols profonds et fertiles. Si la profondeur utile est le plus souvent favorable à la croissance de l'ensemble des plantes cultivées, les techniques d'améliorations mises en œuvre (drainage, fumure, moyens mécaniques) ont encore réduit les écarts entre les potentialités naturelles des différents types de sols.

#### Lexique

##### *Horizons.*

- A horizon de surface, enrichi en matière organique.
- Ap horizon de labour (L pour le RP).
- AE ou E horizon éluvial, appauvri en éléments fins et en fer.

(B)	horizon structural (S pour le RP).
Bw	horizon d'altération, brunifié, cambique.
Bt	B textural, illuvial, enrichi en argile.
C	matériau parental, roche altérée ou moraine.
T	tourbe.
g	gleyification, en général liée à la pseudogleyification temporaire et caractérisée par la présence de taches de rouille.
(g)	taches de rouille présentes mais peu importantes.
gg	nombreuses taches de rouilles associées à des zones de réduction (ancien horizon G <sub>0</sub> ).
r	horizon réduit, bleuâtre.
cn	concrétions ferro-manganifères.
k	horizon à dépôts calcaires

### *Classification*

CH	classification suisse (SSP, 1992).
RP	référentiel pédologique français (RPF, 1992).
CPCS	classification française, ancienne version (CPCS, 1967).
FAO	classification internationale (FAO, 1986)

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier ici Monsieur Olivier Besse pour le dessin des cartes, des schémas et des profils et Mesdames Karine Zwahlen et Pauline Du Pasquier pour leur collaboration efficace dans la rédaction et finitions de cet article.

## RÉSUMÉ

Dans le canton de Genève, considéré comme un canton-ville, la surface agricole utile (11'000 ha) et les forêts (3'000 ha) représentent 50% d'une surface cantonale pourtant réduite (28'000 ha). La plus grande partie de ses sols se sont formés aux dépens des moraines à éléments siliceux et calcaires de provenance alpine abandonnées par le glacier du Rhône (âge du Wurm).

Les types de sols, leur distribution dans le paysage et leurs facteurs génétiques sont passés en revue.

La perméabilité des divers dépôts morainiques est le facteur primordial:

– Sur les moraines de fond et les silts varvés, on trouve des sols bruns gleyifiés et des pseudogleys, alors que sur les dépôts fluvio-glacières, se sont développés les sols bruns lessivés et sols lessivés rubéfiés.

– Les gleys humiques ou tourbeux occupent les bas-fonds alors que les fluvisols passent du type bien drainé au type gleyifié sur les alluvions plus récentes.



Les pentes, en amplifiant les transports de matière, jouent un rôle majeur sur la profondeur du sol et son acidité (modification de la teneur en calcaire).

L'importance du rôle de l'homme sur la morphologie de la couverture pédologique est soulignée par la discordance entre les caractères génétiques observés et les caractères fonctionnels d'aujourd'hui provoqués par le drainage artificiel, l'eutrophisation due aux engrais et un nivellement de la topographie par le travail du sol.

## BIBLIOGRAPHIE

- A.F.E.S, 1992. Référentiel pédologique, principaux sols d'Europe. Ed. I.N.R.A., coll. techniques et pratiques.
- AMBERGER, Gad. 1971. Géologie du canton de Genève. Publication de la société suisse de mécanique des sols et des roches, no 82, p. 1-4.
- AMBERGER, Gad. 1982. Le cadre naturel: géologie régionale. Encyclopédie de Genève, tome 1, p 23-31.
- BORNAND, Michel. 1978. Altération des matériaux fluvio-glaciaires. Genèse et évolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyenne Vallée du Rhône, thèse de l'Université des sciences et techniques du Languedoc INRA, Montpellier.
- COMMISSION POUR LA CLASSIFICATION DES SOLS. 1967. Classification des sols. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Grignon, France.
- DUCHAUFOUR, Philippe. 1984. Abrégé de Pédologie, ed. Masson.
- FAO. 1975. FAO/UNESCO. Carte mondiale des sols 1: 5'000'000: Vo1: légende. World Soil Resources Report 58. FAO, Rome.
- GUENAT, Claire. 1987. Les sols forestiers non hydromorphes sur moraines du Jura Vaudois, thèse EPFL no 693, Lausanne.
- RUPELLAN, Alain et DOSSO, Mireille. 1993. Regards sur le sol. ed. Foucher, publication des Universités francophones.
- SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE. 1992. Klassifikation der Böden der Schweiz. Station agronomique de Reckenholz, sous la direction de K. Peyer et E. Frei.