

ORSTOM Fonds Documentaire

19 DEC. 1988

N° : 25.772 ex1

Cote : B

M

UN SYSTEME PLANOSOL-SOL HYDROMORPHE  
EN FORET D'ORLEANS

tions latérales qui résultent, soit de variations dans l'espace et dans le temps des facteurs de pédogenèse (pente, substrat, roche mère, etc.), soit de la progression de transformations (BOULET et al., 1984). L'analyse détaillée qui a été faite sur ce secteur s'inspire plus particulièrement des travaux de BOCQUIER (1971), BOULET (1974), CURMI (1979), BRUAND (1980), FRITSCH (1984) ; l'application de ce type d'analyse en Guyane est présentée dans BOULET et al. (1982). Elle combine observations détaillées et investigations de laboratoire pour éclairer la genèse et l'évolution de la couverture pédologique.

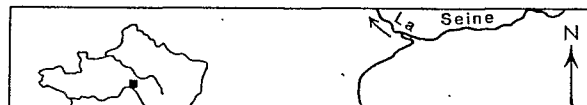
Cette analyse a eu pour premier objectif (LAMOTTE, 1986) l'étude des relations structurales et fonctionnelles entre horizons au sein de deux courtes toposéquences, et ceci plus particulièrement pour deux discontinuités remarquables dans les profils de sols. Elle a été complétée par une étude plus extensive de l'ensemble du versant, de longueur kilométrique. Les différenciations verticales et latérales ainsi mises en évidence sont ici discutées en termes de pédogenèse et de fonctionnement hydrique.

## I. LE CADRE DE L'ETUDE

La zone concernée est située à une dizaine de kilomètres au nord de Sully-sur-Loire qui est en amont d'Orléans (fig. 1). Elle correspond à un plateau entaillé de vallées à peine marquées. Elle est soumise à un climat tempéré caractérisé par un total annuel moyen de précipitations de 692 mm, assez bien réparti (minimum estival). Le substratum est constitué par la formation burdigalienne des sables et argiles de Sologne, d'origine fluviale (GIGOUT, 1970 ; GIGOT, 1984). Cette formation a été localement remaniée au Quaternaire (GIGOUT et al., 1972 ; RASPLUS, 1982).

La végétation forestière (forêt domaniale d'Orléans) est entrecoupée de landes ou de cultures. La parcelle 425, où sont situées les toposéquences, a été plantée en pins en 1974 après « coupe à blanc » suivie d'un travail superficiel du sol.

Le versant étudié appartient à une vaste unité de modelé formant partage des eaux entre la Bonnée, affluent de la Loire et le Loing, affluent de la Seine (fig. 1). L'étude prend en compte l'ensemble du versant kilométrique, mais elle a été particulièrement détaillée à mi-versant, dans la parcelle 425, là où l'on passe de sols de



type planosol à des sols hydromorphes (fig. 2). A ce niveau apparaît un talweg secondaire, faiblement marqué dans le versant (dénivelée < 1 m), qui collecte les eaux de surface et autour duquel, comme on va le voir, s'organise la couverture pédologique.

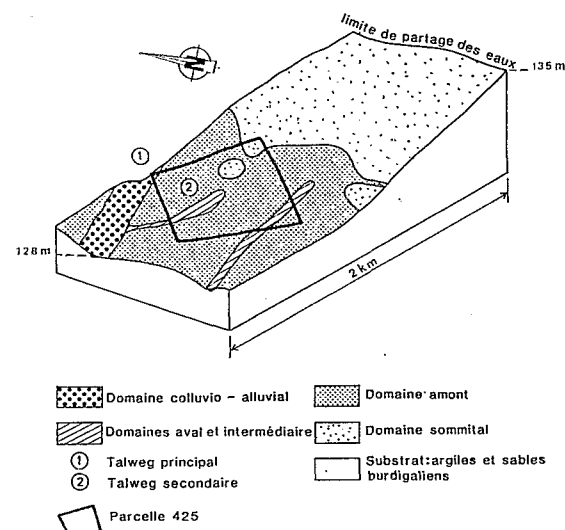


Figure 2 :

Les différents domaines pédologiques sur le versant.

*The pedological fields on the slope.*

## II. LES DIFFERENTS DOMAINES PEDOLOGIQUES

Les observations de terrain sont présentées dans les figures 3 et 4 à l'aide d'un profil et de deux toposéquences. Celles-ci ont été établies à partir de fosses reliées par des sondages, suffisamment rapprochés pour permettre de reconstituer l'organisation latérale de la couverture de sol. Les toposéquences caractérisent la portion de versant drainée vers le talweg secondaire. Elle amènent à distinguer trois domaines :

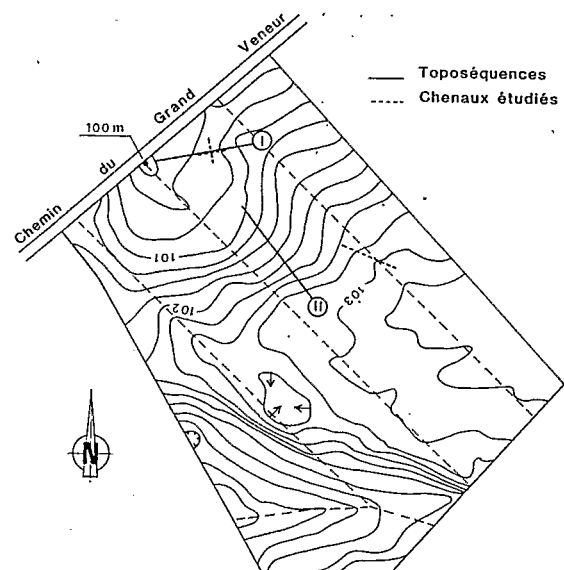
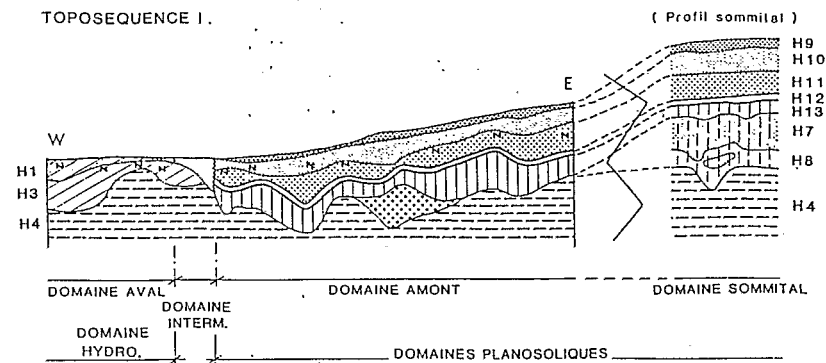


Figure 3 :  
 Situation des toposéquences I et II dans la parcelle 425.  
 Location of the toposéquences I and II in parcel 425.

TOPOSEQUENCE I.



TOPOSEQUENCE II

## B) Les domaines aval et colluvio-alluvial

Ils présentent des caractères nets d'hydromorphie (fig. 4).

Le *domaine aval* s'observe dans le talweg secondaire qui est très évasé et sans écoulement permanent. Il se caractérise par un horizon de gley argileux gris (plus bleu que 2.5 Y 6/2) [H3] épais de quelques décimètres, développé à la partie supérieure du substrat d'argile verte [H4] et qui est surmonté d'un horizon sablo-argileux [H2], présentant des taches de couleur rouille, jusqu'à la base de l'horizon humifère au moins. Le gradient textural est progressif. Le gley apparaît à faible profondeur et peut même affleurer. L'horizon sablo-argileux [H2], très humide en période pluvieuse, ne présente pas de partie blanchie à sa base.

Ainsi, le profil de sol du domaine aval est peu épais, 0,5 m environ, mais affecté sur toute son épaisseur par l'hydromorphie.

Le *domaine colluvio-alluvial*, observé dans les vallées, en bordure des ruisseaux, se caractérise par des superpositions désordonnées de matériaux graveleux, sableux ou argileux plus ou moins engorgés et marqués par l'hydromorphie.

## C) Le domaine intermédiaire

Le *domaine intermédiaire* apparaît au niveau du talweg secondaire faiblement inscrit dans le versant. Il se caractérise par (fig. 4, toposéquence II) :

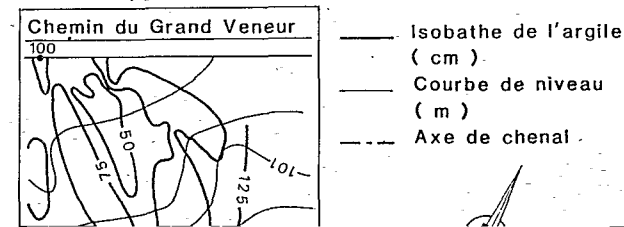
- l'absence du contact planique continu du domaine amont,
- une gleyification du substrat argileux (sur 10 cm environ), mais sans hydro-

## A) Origine sédimentaire du contact horizon argilo-sableux sur argile verte

### 1. Topographie du toit de l'argile verte [4]

L'argile verte est toujours présente en profondeur (fig. 4 et 5), enfouie sous un matériau plus épais à l'amont qu'à l'aval. Des mesures altitudinales précises permettent d'indiquer que la pente moyenne du toit de la couche argileuse est, sur le versant, de l'ordre de 1 % et dirigée vers l'ouest.

Sa surface présente par ailleurs des ensembles d'extension métrique à décimétrique. Deux d'entre eux ont fait l'objet de relevés précis (fig. 6) montrant un allongement qui suggère une forme en chenal. Le profil transversal de ces chenaux apparaît dissymétrique, leur direction diffère de la ligne de plus grande pente. Ainsi, la morphologie de cette surface est irrégulière mais elle ne se répercute pas dans la topographie actuelle.



GIGOUT (1970) indique la présence de ces chenaux, ravinant l'argile verte burdigalienne. La limite supérieure de l'argile verte correspondrait à une interruption de sédimentation avec érosion suivie d'un changement de compétence du vecteur fluvial.

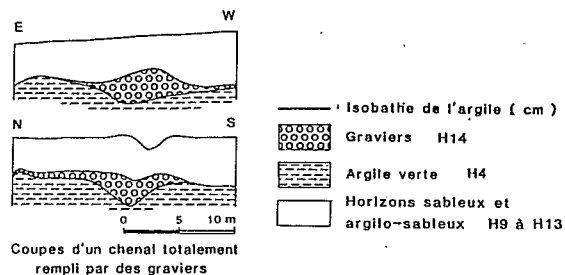
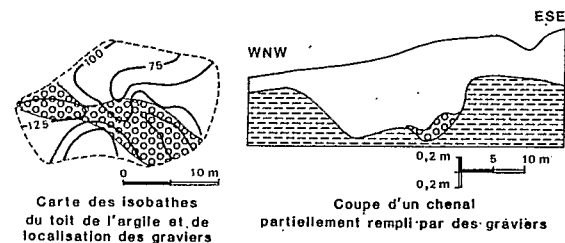


Figure 6 :  
Coupes de deux chenaux remplis par des graviers (cf. fig. 3).  
Cross sections of two channels filled with gravels (fig. 3).

### 3. Etude comparée du squelette

De part et d'autre du contact, le squelette ne présente pas de différence significative. L'essentiel des grains est quartzique (translucides ou blancs, mais sans contour).

Une étude quantitative est effectuée à partir d'un fractionnement granulométrique. Les données obtenues pour un profil du domaine amont (séquence I) sont présentées figure 7a. Les 8 fractions supérieures à 2 µm étant ramenées à 100 % de constituants non argileux, les résultats sont exprimés en courbes cumulatives. Le même type de distribution a été obtenu pour deux autres profils situés dans le domaine amont. On note que :

— dans l'argile verte [H4], le squelette représente 20 à 40 % de la fraction minérale totale. Ce squelette est caractérisé par une courbe cumulative de médiane égale à 0,040 mm, de type « hyperbolique » qui évoque une prédominance des éléments fins lors de la sédimentation (RIVIERE, 1977) ;

— dans le niveau graveleux [H14], la médiane à 2,8 mm illustre l'importance du stock de gravier qui est associé à une matrice sablo-limoneuse non négligeable (40 %) ;

— l'horizon argilo-sableux (H13) présente un troisième type de granulométrie, avec un taux d'argile de 30 % en moyenne, une courbe cumulative sigmoïde et une médiane de 0,26 mm en moyenne.

Les différences de distribution du squelette peuvent être interprétées dans une optique sédimentologique par une variation de l'agent de sédimentation. Pour envisager une filiation entre l'argile verte et l'horizon argilo-sableux, il faudrait invoquer des mécanismes ayant pour résultat d'éliminer une fraction importante de l'argile (60 % ramenés à 30 % dans l'horizon argilo-sableux) par érosion (à l'air ou sous une lame d'eau) ou par éluviation et dégradation pédologique. Cette éventualité n'expliquerait pas l'accumulation discontinue de graviers. L'hypothèse est donc à rejeter. Les caractéristiques du squelette sont en faveur d'une origine sédimentaire du contact inférieur. La position de ce contact serait alors déterminée par l'histoire géologique (sédimentation et déformations ultérieures).

### 4. Etude minéralogique du plasma argileux

L'analyse en diffraction des RX de la fraction < 2 µm a montré qu'elle était composée de smectite, kaolinite et illite, aussi bien pour l'argile verte [H4] que pour l'horizon argilo-sableux [H13]. Ce dernier contient en outre de la lépidocrocite, de la malinite et des feldspaths.

de l'argile verte, le contact s'approfondit nettement (jusqu'à 75 cm) et sa pente est alors dirigée vers l'axe du chenal (contre-pentes de la séquence I, fig 4).

## 2. Etude du squelette granulométrique

Sur le terrain, aucune rupture sédimentaire n'a été notée de part et d'autre du contact, les sables sont grossiers (0,5 à 1 ou 2 mm) ; une étude du squelette a donc été menée pour tester l'homogénéité du matériau (fig. 7).

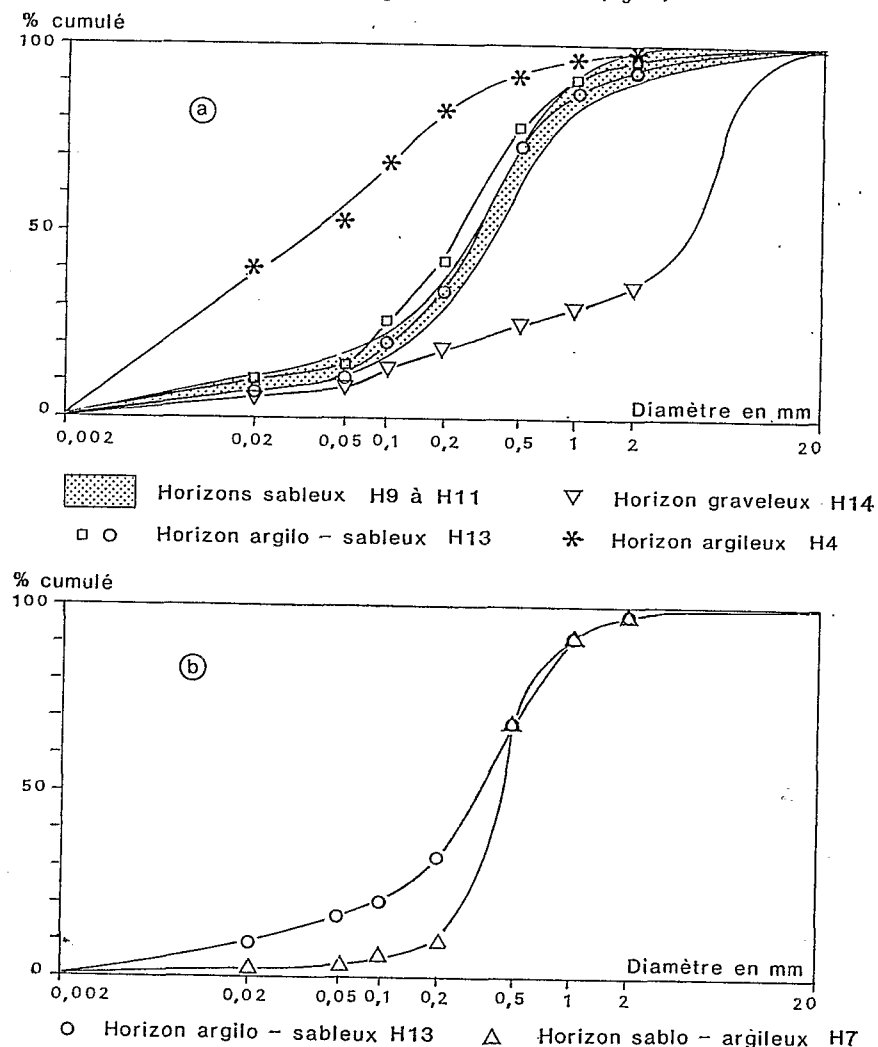


Figure 7 : Courbes granulométriques cumulatives des fractions 0,02-20 mm. Horizons appartenant à un profil de sol du domaine amont (a) et à un profil de sol du domaine sommital (b).

Cumulative curves of the particle size distribution between 0.002 and 20 mm. Horizons from a soil profile located in the upstream domain (a) and from a soil profile located in the summit domain (b).

Les courbes granulométriques cumulatives des horizons sableux sont juxtaposées, jointives ou légèrement entrecroisées. En descendant dans le profil, elles sont un peu décalées vers les fractions grossières. Pour des commodités de dessin, tous les points sont regroupés dans un faisceau de forme sigmoïde dont la médiane varie entre 0,30 et 0,38 mm. Les 2 courbes de l'horizon argilo-sableux sont de même forme, tangentes au faisceau, leur médiane étant de 0,25 à 0,30 mm. L'interprétation sédimentologique des courbes granulométriques indique qu'il s'agit d'un même type de sédimentation, avec de faibles différences liées au tri.

La caractérisation minéralogique (macro et microscopiquement) a montré dans les deux ensembles texturaux, la dominance des quartz translucides, blancs laiteux ou rouges, la présence de feldspaths blancs ou roses, de micas et de minéraux noirs.

Les grains du squelette des deux types d'horizon sont émoussés subanguleux ou émoussés luisants ; aucune différence morphoscopique n'a été relevée. Les surfaces des grains 200-500  $\mu\text{m}$  ont été comparées en microscopie électronique à balayage. Elles présentent les mêmes figures de choc et d'immobilisation dans les deux types d'horizon ; de plus, aucune trace particulière d'éolisation n'a été remarquée dans les horizons sableux.

Les résultats du comptage des minéraux lourds ne montrent pas de différence significative du cortège de ces minéraux entre l'argile sableuse et les horizons sableux sus-jacents (tableau I).

## 3. Les organisations pédologiques

L'horizon argilo-sableux prismatique [H13] présente une polarité verticale de son organisation macroscopique ; de bas en haut, on note :

- une augmentation du volume relatif occupé par les plages rouille (20 % à la base, 50 à 60 % au sommet) ;
- une disparition de la structure prismatique, quelques centimètres avant le sommet de l'horizon et l'individualisation d'îlots argilo-sableux rouille dans un fond sablo-argileux ;
- l'horizon perd ensuite sa compacité, il est relayé par un niveau de sable blanc [H12] gorgé d'eau (printemps 86). Le contact entre les deux est ondulé, l'amplitude des festons étant de 2 à 3 cm.

Au-dessus du contact planique, le sable contient, en proportion variable, des volumes argilo-sableux rouille et des nodules ferrugineux. Les volumes rouille centimétriques représentent moins de 1 % du volume total de l'horizon, ils disparaissent dans les 10 cm au-dessus.

### a) LES PRISMES A CŒUR ROUILLE

Les prismes de l'horizon argilo-sableux ont une section subhexagonale (5 à 8 cm de côté) rétrécie à la base, leurs faces sont planes et revêtues. Ils présentent une sous-structure anguleuse (cubes ou polyèdres) plus ou moins nette. Les volumes rouille sont situés préférentiellement au cœur des agrégats ; ce sont des petits îlots arrondis, de 2 à 4 cm de diamètre, différenciés par leur teinte et par une texture légèrement plus argileuse.

A la loupe binoculaire et au microscope optique, l'horizon argilo-sableux présente des fissures orientées verticalement ou horizontalement. Ces vides sont authentifiés par leur colonisation racinaire, mais leur ouverture (0,1 à 0,3 mm) a peut-être été élargie lors de la fabrication de la lame. Les fentes subverticales (espaces interprismatiques) sont continues jusqu'à la base de l'horizon. Les fentes horizontales sont discontinues, longues de 1 à 2 cm. C'est le long de ce réseau de vides que le fond matriciel est décoloré en gris clair.

### b) LES REVETEMENTS DANS L'HORIZON ARGILO-SABLEUX

Les observations en microscopie optique montrent la présence, dans les agrégats, de vides de type cavité qui représentent environ 1 % en volume. Certaines de ces cavités sont tapissées de revêtements limoneux, argileux ou ferrugineux.

Les revêtements limoneux (siltanes) sont observés dans des cavités de la partie supérieure de l'horizon argilo-sableux. On ne les rencontre jamais sur les parois des fissures, interpolyèdres ou interprismes. Ils apparaissent constitués de sable quartzeux fin, de limon, d'argile et de grains noirs qui sont vraisemblablement des charbons de bois. Le plus fréquemment, les microlits sont bien individualisés et parallèles les uns aux autres, ils sont discordants sur les structures du fond matriciel.

Les revêtements argileux (argilanes) sont présents au milieu et à la base de l'horizon. Ils couvrent tout le pourtour de certaines cavités et ne les colmatent pas totalement. Les figures d'extinction sont nettes. Les microlits ne sont pas bien individualisés sauf quand ils sont soulignés par des craquelures dues aux rétractions d'argile.

Les revêtements ferrugineux (ferranes) s'observent en bordure des cavités et recouvrent de manière discontinue les siltanes et/ou argilanes.

Ces observations indiquent que la dynamique du fer est dissociée de celle des

Au sommet de l'horizon argilo-sableux, la faible proportion de traits d'accumulation actuels et anciens et l'importance des zones décolorées suggèrent une dynamique globale d'appauvrissement en fer et en argile, accompagnée de formes transitoires d'illuviation près du contact.

Le contact planique serait donc le siège d'une double transformation (désargilisation et déferrification) agissant *per descensum* et lessivant l'horizon argilo-sableux à son sommet pour ne laisser sur place que son squelette et des reliques (îlots argilo-sableux rouille et nodules ?).

### C) Relations entre l'horizon argilo-sableux [H13] et le sable argileux [H7]

Le sable argileux [H7] identifié dans le domaine sommital (cf. II-A et fig. 4) contient des minéraux altérables (feldspath, muscovite...). Il est inclus dans l'horizon

où le planosol est épais. C'est le cas aussi au droit des étroits chenaux inscrits dans la surface du substrat argileux.

Dans le domaine intermédiaire, le flux latéral venant des horizons sableux du domaine amont est ralenti (texture plus argileuse de l'aquifère, qui se colmate). Il rejoint la surface du sol au niveau de petites cuvettes juxtaposées formant mouillère. L'écoulement a été amélioré localement par des fossés de drainage. Dans le domaine aval, l'écoulement est essentiellement superficiel dès que l'imbibition du sol est assurée. Il n'apparaît qu'au moment des pluies.

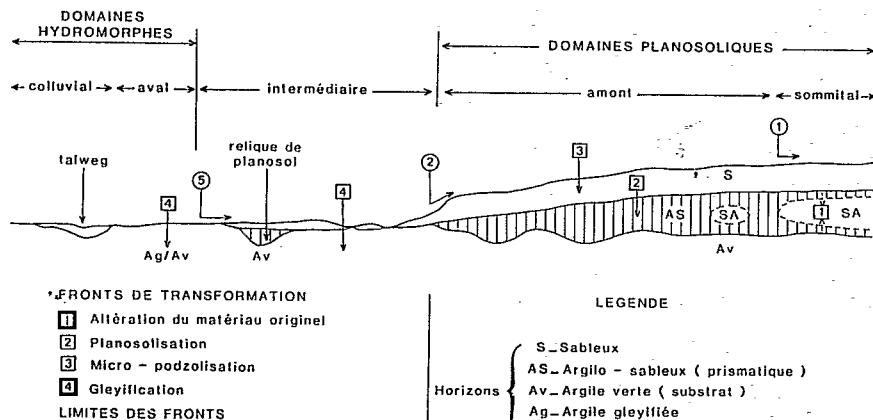
La structure planosolique est à l'origine, dans les conditions pluviométriques actuelles, d'un important apport d'eau, latéral et interne, de l'amont vers l'aval où il devient superficiel (effet d'impluvium d'origine pédologique). Ce flux est ralenti dans le domaine intermédiaire, où l'eau s'accumule temporairement.

Ces domaines sont donc les composantes d'un système hydrodynamique à dominante latérale. La composante latérale est déterminée successivement d'amont vers l'aval par l'imperméabilité relative du contact planique, puis par celle du substrat d'argile verte qui est de plus en plus proche de la surface. Le domaine intermédiaire se définit mieux alors, en terme de fonctionnement, comme la zone de raccord entre ces deux planchers.

## V. EVOLUTION DU SYSTEME PEDOLOGIQUE

Les domaines pédologiques qui ont été distingués (fig. 9) par leur différenciation en horizons et par leur fonctionnement hydrodynamique, forment ensemble un système identifié par l'articulation des structures et des dynamiques actuelles. L'étude effectuée permet de proposer un schéma d'évolution de ce système :

— la différenciation observée dans le domaine sommital suggère que le développement du planosol a été initié par la superposition d'un substrat imperméable et d'un matériau perméable, ce dernier contenant à la fois des minéraux altérables qui s'argilisent et un squelette résistant qui s'accumule relativement en haut du profil après désargilisation et déferrification. Ces processus successifs d'argilisation et de désargilisation sont associés à un battement de nappe contrôlé par le contact planique.



— la disparition du matériau originel dans le domaine amont entraîne un amincissement du planosol qui est mis alors en situation de déséquilibre fonctionnel (engorgement des horizons sableux). Il se désorganise par érosion, à son aval (limite aval du planosol).

— la présence d'îlots de planosol dans le domaine intermédiaire confirme le recul du domaine amont. Leur disparition détermine le développement du domaine aval, accusé par la concentration des eaux en surface, sur le substrat argileux très peu profond (limite amont de l'hydromorphie généralisée). Les îlots de planosol observés dans la toposéquence II sont alors des reliques du domaine amont.

— le talweg secondaire étudié, avec sa forme très évasée et sa dénivelée de l'ordre du mètre, apparaît plus comme résultant d'une déstabilisation du planosol (d'épaisseur métrique également) que d'un processus d'érosion régressive commandé par la morphogénèse régionale. Sa formation est liée cependant à la disparition à l'aval du matériau propice à la planosolisation.

## CONCLUSION

La couverture pédologique du versant étudié présente une structure planosolique qui détermine un écoulement latéral, surchargeant en eau le domaine aval hydromorphe (effet d'impluvium). L'hydromorphie résulte également de l'affleurement du substrat argileux, imperméable et subhorizontal.

Les données morphologiques et analytiques montrent que :

— le contact planique correspond à un double front de désargilisation et de déferrification, qui laisse des reliques dans les horizons sableux sus-jacents ;

— ces deux transformations affectent un horizon médian argilo-sableux dont la différenciation est à la fois verticale (marques d'illuviation) et concordante avec sa structure en prismes (distribution du fer) ;

— cet horizon paraît généré lui-même par l'altération d'un matériau sablo-argileux observé à son contact dans le domaine sommital.

L'étude met l'accent sur l'importance du talweg secondaire, dans l'articulation des structures et des dynamiques. Le domaine « intermédiaire » qui lui correspond présente en fait des caractères originaux dont l'analyse a servi à reconstituer l'évolution du système.

Cette évolution est réglée par la progression de divers fronts de pédogenèse ou d'érosion, modulée entre autres facteurs par les variations lithologiques rencontrées. Pour en connaître l'effet résultant, il est nécessaire de s'appuyer sur la distribution spatiale des différentes composantes du système pédologique (domaines). Cette discussion sera abordée dans un article ultérieur.

Reçu pour publication : Octobre 1987  
 Accepté pour publication : Juillet 1988

### REMERCIEMENTS :

Les auteurs remercient Madame M. DELAUNE (ORSTOM, Centre de Bondy) pour les déterminations de minéraux lourds.



(0.5 m in depth). An impermeable green clay formation was observed at a depth of about 1 m. In secondary talwegs (downslope), hydromorphic soils were present because of the clay substratum which was less deep and was differentiated into a gley horizon.

Lateral relations between the planosol and the hydromorphic soils were studied along two short toposequences (fig. 3 & 4). Five pedogenic domains have been distinguished with specific organization and internal conditions, namely two planosolic domains : summit and upstream of the slope and three hydromorphic domains : intermediate, downslope and colluvial (along main valleys) (fig. 4). The intermediate pedogenic domain is characterized by some remainders of the upstream domain and by hydromorphic features which were less developed than those of downslope domain. In the summit domain, a greenish or brownish sandy material was observed between the green clay and the sandy clay horizon (fig. 4).

The analysis of the contact between the green clay formation and the sandy clay horizon has showed that this discontinuity has to be interpreted as a sedimentologic discontinuity. Indeed, the topography of the green clay surface (fig. 5), the presence of channels which filled with gravels (fig. 6) and the particle size distribution of the different materials (fig. 7) which were present on both side of the contact, lead to this interpretation. Nevertheless, the study of the heavy minerals showed there was no significative difference between the green clay formation and the sandy clay horizon (tab. 1). These results allowed to establish that these two alluvial deposits would come from the same area associating metamorphic and granitic rocks.

Moreover, the study of the contact between the sandy clay horizon and the sandy horizon allowed to show that this limit corresponded to a transforming front (« deferruginization » and « desargilization »). Indeed, the particle size distribution of these two horizons (fig. 7), the pedologic features of the contact (morphology, microscopic organization) and the nature of heavy minerals (tab. 1) were in consideration of the conclusion that it was a transforming front.

Finally, the few results of the study of the sandy material from the summit domain showed that this material would have been the original material of the sandy clay horizon.

In short, this work leads to specify both the hydrodynamic properties of the pedologic system which has been studied (fig. 8) and the condition of the pedological transformations along the slope (fig. 9). More, it points out that the soil differentiation is closely related to the secondary talwegs.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ARROUAYS D., 1987. — Carte des sols de la région Centre à 1/50 000<sup>e</sup>. Feuille de Bellegarde du Loiret. Notice explicative. INRA-SESCPF, Chambre d'Agriculture du Loiret.
- BAIZE D., 1983. — Les planosols de Champagne Humide. Pédogenèse et fonctionnement. Thèse Sci. Nancy, 278 p.
- BOCQUIER G., 1971. — Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Sci. Strasbourg, Mémoire ORSTOM n° 62, 350 p.
- BOULET R., 1974. — Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatiques. Thèse Sci. Strasbourg, mémoire ORSTOM n° 65, 272 p.
- BOULET R., CHAUVEL A., HUMBEL F.X., LUCAS Y., 1982. — Analyse structurale et cartographie en Pédologie. Cahiers ORSTOM, série Pédol. Vol. XIX, 4, pp. 309-351.
- BOULET R., CHAUVEL A., LUCAS Y., 1984. — Les systèmes de transformation en Pédologie. AFES, Livre Jubilaire du Cinquantenaire, pp. 167-179.

- BRUAND A., 1980. — Analyse de la superposition de profils en vallée sèche de Champagne Crayeuse. Mémoire DEA fédéral de Pédologie. Univ. Paris VII. Multi-graphié, 49 p.
- CURMI P., 1979. — Altération et différenciation pédologique sur granite en Bretagne. Thèse Doct. Ing. Rennes. ENSA-INRA, 176 p.
- FRITSCH E., 1984. — Les transformations d'une couverture ferrallitique en Guyane Française. Thèse 3<sup>e</sup> cycle Paris VII, ORSTOM, 190 p.
- GIGOT C., 1984. — Notice de la carte géologique à 1/50 000<sup>e</sup> de Bellegarde-du-Loiret. Ed. BRGM.
- GIGOUT M., 1970. — Notice de la carte géologique à 1/50 000<sup>e</sup> de Châteauneuf-sur-Loire. Ed. BRGM.
- GIGOUT M., HOREMANS P., RASPLUS L., 1972. — Sur la géologie des environs d'Orléans, Bull. BRGM 2<sup>e</sup> série n° 1, pp. 1-28.
- LAMOTTE M., 1986. — Contribution à l'étude des relations morphologiques, génétiques et hydrodynamiques entre horizons sableux superficiels et argileux sous-jacents sur un versant de la forêt d'Orléans. Mémoire DEA de Pédologie, Paris VI. Document multigraphié, 74 p.
- RASPLUS L., 1982. — Contribution à l'étude géologique des formations continentales détritiques tertiaires du sud-ouest du Bassin de Paris. Mémoire Sciences géologiques n° 66. Strasbourg, 236 p.
- RIVIERE A., 1977. — Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations. Masson, Paris, 170 p.