

Pédogenèse planosolique sur sédiment deltaïque dans l'Orléanais

M. Lamotte (1), G. Bellier (1), A. Bruand (2)
(Communication orale de A. Bruand)

RÉSUMÉ

Les sols développés sur des formations alluviales du Burdigalien en forêt d'Orléans présentent fréquemment deux discontinuités texturales majeures. Elles séparent successivement des horizons sableux supérieurs et argilo-sableux médian puis cet horizon médian et un horizon argileux lourd basal.

La première discontinuité, située à moins de 1 m de profondeur, correspond à un contact planique. Son étude montre qu'il s'agit d'un front de transformation pédologique progressant vers le bas par désargilisation et déferrification. La recherche du matériau parental de l'horizon argilo-sableux a conduit à analyser ses relations avec les horizons sous-jacents. La constitution de l'horizon argileux lourd ne permet pas une filiation avec l'horizon argilo-sableux. Le contact entre les deux est d'origine sédimentaire ; il est souligné localement par des passées graveleuses en chenaux ou lentilles.

Cette hypothèse étant écartée, le matériau parental a été recherché là où les formations surmontant l'horizon argileux lourd sont les plus épaisses. L'horizon argilo-sableux est alors associé à un matériau sablo-argileux à très nombreux minéraux altérables. Les analyses effectuées montrent que leur filiation est probable. La position de ces horizons dans le paysage nous a amené à les relier dans un système pédologique de fonctionnement et de transformation.

Mots-clés : Pédogenèse, planosol, sédiment, système-sol, Burdigalien, Orléans.

(1) ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93143 BONDY, France.

(2) INRA-SESCPF, Ardon, 45160 OLIVET, France.

ABSTRACT

Soils derived from the burdigalian alluvial deposits in the forest area of Orléans often show two major discontinuities in texture. The first discontinuity is observed between upper sandy horizons and an intermediate sandy clay horizon. The second one is observed between this intermediate horizon and a heavy clay horizon.

The study of the first discontinuity observed at a depth of less than 1 m shows that it is a transforming front moving downwards through deferruginization and desargilization. The researches conducted on the parent material of the sandy clay horizon led to analyse its relations with the underlying and contiguous horizons. The composition of the heavy clay horizon makes it impossible to establish a filiation with the sandy clay horizon. The contact between these two horizons is sedimentary ; it is revealed locally by gravel channels or lentils.

After having set aside this hypothesis, the parental material has been studied where the formations overlying the heavy clay horizon are the thickest. Then the sandy clay horizon is associated with a clay sandy material containing very numerous weatherable minerals. The analysis made shows that their filiation is possible.

The geographic situation of these horizons led us to associate them with a soil system characterized by its hydrodynamic properties and lateral transformations.

Key-words : Planosol, sedimentary discontinuity, transforming front, soil system, Orléans.

INTRODUCTION

Dans la région d'Orléans (figure 1), les sédiments du Burdigalien (Miocène) et les sols qui en dérivent ont fait l'objet de nombreux levés cartographiques (GIGOUT, 1970 ; GIGOT, 1978 et 1984 ; ARROUAYS, 1987 ; ARROUAYS *et al.*, 1989). Les études effectuées ont montré la fréquence de sols à morphologie planosolique. Ces sols présentent en fait deux discontinuités texturales majeures se succédant verticalement. Celles-ci séparent d'une part des horizons sableux supérieurs et argilo-sableux médian (planosol), et d'autre part, en profondeur, cet horizon médian et un horizon argileux lourd.

Situées dans un contexte de formations deltaïques à variations de faciès verticales et latérales, ces discontinuités peuvent résulter d'une superposition sédimentaire ou d'une évolution pédologique. L'hypothèse sédimentaire n'est pas en contradiction avec les études pédologiques antérieures (ARROUAYS, 1987). Celles-ci ont en effet montré la grande variabilité latérale de la couverture pédologique et l'absence apparente d'organisation.

I - OBJECTIFS

Pour discuter de l'origine de ces deux discontinuités, une analyse à différentes échelles des relations structurales entre les principaux horizons a fait l'objet d'une collaboration entre deux équipes, le SESCOF de l'INRA et l'UR 1G de l'ORSTOM. Cette analyse structurale (BRUAND, 1980 ; BOULET *et al.*, 1982, HUMBEL, 1984 ; LAMOTTE *et al.*, 1988 ; JAMAGNE *et al.*, 1989) a eu pour objectif de discuter des conditions de pédogenèse planosolique sur les sédiments deltaïques de l'Orléanais. Elle a conduit à définir un système pédologique représentant la structure de la couverture pédologique et son fonctionnement hydrique. L'approche adoptée pour la cartographie d'un tel système est illustrée dans une seconde partie (LAMOTTE *et al.*, 1990b).

II - PRÉSENTATION DU PLANOSOL

1. Les principaux horizons

Ces horizons sont décrits sur un profil montrant en outre une variation latérale importante au niveau du contact planique. De bas en haut, on distingue (figure 2).

L'horizon argileux lourd basal

A 1,8 m de profondeur, cet horizon argileux lourd de teinte gris-verdâtre 5Y 6,5/2 est compact, sec au toucher et de structure massive. En se rapprochant de sa limite supérieure située à 1,20 m environ, il présente des teintes gris verdâtre, "olive" 2,5Y 5/6, "brune" 10 YR 5 à 3/2 et "bleue" 5 G 6/1. Cette différenciation est associée à une colonisation racinaire et à une augmentation de la teneur en eau.

Cet horizon argileux est donc affecté à son sommet par la pédogenèse actuelle. Il ne présente par ailleurs aucune structure sédimentaire.

L'horizon argilo-sableux médian

Sa limite avec l'horizon sous-jacent est toujours très nette. Elle est soulignée localement par un horizon graveleux d'épaisseur irrégulière. Là où il est peu profond, l'horizon argilo-sableux médian est prismatique, compact, de teinte gris 2,5 Y 6/3 et rouille 7,5 YR 5/8. Les prismes sont organisés

macroscopiquement selon une polarité verticale : de bas en haut, le volume occupé par les plages rouille augmente, à proximité du sommet de l'horizon (vers 0,8 m de profondeur) la structure prismatique disparaît et des flots argilo-sableux orangés 7,5 YR 5/7 et rouille 10 YR 6/7 s'individualisent dans un fond sablo-argileux gris.

Les horizons supérieurs sableux

- A la base des horizons supérieurs sableux, la transition avec l'horizon argilo-sableux est brutale et planique. Elle se présente sous deux formes :
 - dans la moitié ouest du profil (figure 2), on observe un mince horizon sableux, blanchi, bouillant, d'épaisseur centimétrique, marqué par une circulation saisonnière latérale d'eau libre. Sa limite inférieure est nette et festonnée. Cet horizon est situé sous un horizon de sable gris blanc 2,5 Y 7/2 associé à de nombreux nodules ferrugineux, pluricentimétriques à décimétriques peu indurés représentant 30 % environ du volume. La taille et l'allongement vertical de ces nodules montrent une analogie morphologique avec les prismes de l'horizon argilo-sableux sous-jacent ;
 - dans le sable de la moitié est, apparaissent des flots argilos-sableux arrondis, de 3 cm de diamètre environ, de teinte orangée et rouille ou sableux de teinte orangée. Le mince horizon sableux blanchi est alors discontinu.
- Au-dessus de celui-ci, un horizon décimétrique gris blanc présente approximativement 5 % en volume de nodules ferrugineux brun sombre à noirs, centimétriques à pluricentimétriques ; plus haut et progressivement, on observe un horizon, épais de 0,3 m, à dominante brun clair 10 YR 6/2,5.
- Dans la partie superficielle du profil, le sol est affecté par une "micropodzolisation" discrète et discontinue.

2. Relations toposéquentielles entre les horizons

Après avoir présenté les superpositions d'horizons sur un profil, leurs relations à l'échelle d'une portion de l'unité de modelé sont analysées sur trois exemples de toposéquence (figure 3). Lorsque les trois principaux horizons sont présents, l'ordre de leur superposition est toujours le même, avec localement la présence de graviers intercalés entre les horizons argilo-sableux et argileux. Dans la *toposéquence 1*, on passe en quelques mètres du contact planique décrit plus haut à une transition graduelle entre des horizons supérieurs sablo-argileux hétérogènes et des horizons argileux lourds gleyifiés. L'absence de l'horizon argilo-sableux coïncide alors avec l'absence du contact planique et avec la présence de ces horizons de texture hétérogène, à gaines rouille autour des racines, directement au contact de l'horizon argileux lourd.

Sur la *toposéquence* 2, l'horizon argileux lourd présente localement un ensellement pluridécamétrique dans lequel s'inscrit la superposition plano-solique.

Sur la *toposéquence* 3, il en est de même mais le planosol inscrit dans un ensellement est séparé du planosol situé plus en amont. De plus dans cette dernière séquence, le passage entre le planosol et le sol gleyique s'effectue sur une grande distance.

A l'échelle des portions de modelé étudiées, ces données toposéquentielles montrent que la couverture pédologique est ordonnée en respectant strictement à l'amont les superpositions présentées précédemment. En outre, on note la présence d'îlots de planosol dans des ensellemens du substrat argileux lourd.

III - ORIGINE DU CONTACT PLANIQUE

Le contact planique sépare des horizons sableux épais de 0,1 à 0,6 m, à teneur en argile inférieure à 10 % et au-dessous, l'horizon argilo-sableux qui possède 25 à 40 % d'argile.

Ce contact planique apparaît macroscopiquement brutal. Cependant la présence de zones ponctuelles à transition plus graduelle entre les horizons sableux et argilo-sableux est en faveur de l'origine pédologique de cette discontinuité. Au sein des horizons sableux, l'existence d'îlots argilo-sableux de teinte orangé-rouille et celle d'îlots de couleur semblable mais de texture sableuse laissent présager qu'il s'agit là d'étapes intermédiaires de la transformation de l'horizon argilo-sableux en horizon sableux en relation avec la dynamique latérale de la nappe perchée localisée à la base de l'horizon sableux.

Pour expliquer la genèse de ce contact planique, d'autres arguments ont été recherchés, basés sur l'étude de la structure de la couverture pédologique et de la dynamique de l'eau sur une portion de l'unité de modelé. Des arguments ont aussi été recherchés à partir d'observations microscopiques et à partir des analyses granulométriques et minéralogiques.

1. Relations entre la topographie, l'organisation des sols et le fonctionnement hydrique

Sur les toposéquences étudiées, le contact planique est caractéristique des sols situés à l'amont. La profondeur de ce contact décroît d'amont en aval. Sa pente (2 %) est plus forte que celle de la topographie (1 %) mais elle suit grossièrement la même orientation. Cependant à l'aplomb de certains chenaux inscrits dans le toit de l'horizon argileux basal, le contact s'approfondit nettement et sa pente est alors dirigée vers l'axe du chenal.

Dans tous les cas, le toit de l'horizon argilo-sableux joue le rôle de plancher imperméable. Il supporte une circulation d'eau saisonnière qui alimente les positions en aval des séquences. Néanmoins, cet écoulement peut être dévié et ralenti par des chenaux latéraux et des cuvettes dans lesquels l'eau s'accumule localement et temporairement.

L'observation de zones à contact planique net juxtaposées à des zones à transition diffuse suggère un tracé anastomosé des circulations hydriques.

2. Observation micromorphologique

A une toute autre échelle, le contact entre les horizons sableux et argilo-sableux a fait l'objet d'une observation de l'arrangement des constituants sur lames minces. Sur le photogramme à faible grossissement (figure 4), le contact apparaît nettement et des flots argilo-sableux sont individualisés dans un fond matriciel sableux. Le contact montre en fait deux limites tranchées entre trois domaines différenciés par leur fond matriciel :

- au cœur des prismes de l'horizon argilo-sableux, on observe l'assemblage d'un squelette sablo-limoneux et d'un plasma argilo-ferrugineux ;
- en se rapprochant du contact, l'assemblage est semblable avec un plasma argileux biréfringent, non coloré par le fer ;
- au-dessus, il s'agit de l'assemblage d'un squelette sans plasma argileux abondant.

Les flots argilo-sableux situés au-dessus du contact montrent en microscopie les mêmes caractères morphologiques que les assemblages squelette-plasma rencontrés au cœur des prismes. Ces flots sont interprétés comme des reliques de l'horizon argilo-sableux. Les nodules ferrugineux, nombreux là où le contact est brutal, présentent un plasma opaque, brun-noir, avec une périphérie décolorée. Ils sont en cours de déferruginisation mais leur origine n'est pas clairement expliquée jusqu'à présent.

Les observations microscopiques indiquent que le contact planique est le siège d'un double front de transformation affectant, séparément dans l'espace, le fer et l'argile. L'absence de traits d'accumulation et la compacité de l'assemblage du squelette dans les horizons sableux confortent l'hypothèse du double front descendant.

3. Analyse granulométrique et minéralogique

Les analyses granulométriques effectuées pour différents profils, dont le planosol présenté précédemment (figure 2), montrent que la filiation entre les horizons sableux et argilo-sableux est possible. En effet, la distribution (figure 5) des particules de taille supérieure à 2 μm n'est pas sensiblement différente. Les courbes des horizons sableux, à médiane variant entre 0,3 et 0,4 mm, forment un faisceau sigmoïde ; celles des horizons argilo-sableux

sont de même forme, tangentes au faisceau précédent, leurs médianes étant de 0,25 et 0,3 mm.

Les résultats d'observations exoscopiques (LAMOTTE, 1986) et de comptages de minéraux lourds montrent qu'il n'y a pas non plus de différence significative entre ces deux horizons. Il en va de même pour les minéraux argileux qui sont constitués d'un mélange de kaolinite, smectite et illite.

L'ensemble de ces données morphologiques et analytiques indique que la discontinuité texturale entre les horizons sableux et argilo-sableux est d'origine pédologique et résulte d'un double front de transformation (désargilisation et déferrification) progressant vers le bas. La circulation latérale d'eau au niveau de cette discontinuité assurerait l'évacuation des produits de transformation.

IV - RECHERCHE DU MATÉRIAU PARENTAL DE L'HORIZON ARGILO-SABLEUX

L'hypothèse d'une origine pédogénétique du contact planique étant retenue, il paraît nécessaire de déterminer l'origine de l'horizon argilo-sableux.

1. Hypothèse d'origine sédimentaire directe

Pour l'horizon argilo-sableux, une origine directement sédimentaire est exclue, en particulier au regard des nombreux traits pédologiques qu'il englobe, comme la différenciation très marquée de volumes arrondis rouille au cœur des prismes.

2. Hypothèse de filiation avec l'horizon argileux lourd

La seconde hypothèse de filiation consiste à envisager l'horizon argileux lourd comme étant le matériau parental de l'horizon argilo-sableux. Certes les cortèges de minéraux lourds et la nature minéralogique des argiles sont les mêmes mais les caractères morphologiques et granulométriques doivent être étudiés. Des lentilles et chenaux d'ordre décimétrique, à remplissage graveleux, sont fréquemment observés entre les deux horizons (figure 3). L'étude détaillée d'un chenal (figure 6) montre que le remplissage graveleux a une forme biconvexe. Celle-ci peut s'expliquer par le remplissage irrégulier et dissymétrique de chenaux lors de la sédimentation ou par un tassement différentiel au cours de la diagenèse, les niveaux argileux perdant plus d'eau, donc plus de volume. La présence de ces graviers s'oppose donc à une filiation pédogénétique. La distribution des squelettes s'oppose aussi à une origine pédologique (figure 5). Cette distribution est différente entre les horizons argileux lourds, graveleux et argilo-sableux. Leurs médianes sont respectivement de 0,04 mm, 2,8 mm et 0,26 mm. De telles différences de

distribution peuvent s'interpréter dans une optique sédimentologique par une variation de compétence de l'agent de sédimentation. Pour envisager une filiation pédologique entre les horizons argileux lourds et argilo-sableux, il faudrait invoquer des mécanismes ayant pour résultat d'éliminer une fraction importante de l'argile (60 % ramenés à environ 30 %). De tels mécanismes n'expliqueraient pas l'accumulation discontinue de graviers.

3. Hypothèse de filiation avec un matériau arkosique

L'hypothèse précédente étant écartée, le matériau parental de l'horizon argilo-sableux a été recherché là où les formations surmontant l'horizon argileux lourd sont les plus épaisses. C'est le cas en position sommitale dans le paysage, où l'horizon argilo-sableux englobe alors un horizon à minéraux altérables (figure 7). De haut en bas, on reconnaît :

- un horizon sableux avec d'une part des nodules ferrugineux, indurés, denses, de teinte sombre et d'autre part, des nodules friables reposant à la base sur un horizon blanchi, gorgé d'eau ;
- un horizon argilo-sableux (à intercalation graveleuse), gris et rouille, non prismatique, à limite inférieure irrégulière ;
- un horizon à minéraux altérables associant des volumes sablo-argileux et des volumes argilo-sableux, de teinte beige, gris verdâtre, ocre ou gris. Cet horizon contient de nombreux minéraux en cours d'argilisation (NEEL, 1990) ;
- un second horizon argilo-sableux, de teinte beige ;
- l'horizon argileux lourd.

Le contact de l'horizon à minéraux altérables avec l'horizon argilo-sableux présente une forme contournée qui suggère une filiation pédogénétique par argilisation d'un matériau arkosique. La transformation serait descendante mais aussi remontante puisqu'un horizon argilo-sableux est observé également à la base. Une telle filiation n'est concevable que si les horizons argilo-sableux et sablo-argileux ont la même composition en minéraux lourds, ce qui est le cas. Par ailleurs, les résultats des analyses granulométriques (figure 8) montrent l'homogénéité des squelettes des horizons sableux, argilo-sableux et sablo-argileux nettement différenciés du squelette de l'horizon argileux lourd.

Ainsi l'horizon argilo-sableux proviendrait de l'altération d'un matériau arkosique, observé à son contact en position sommitale dans le paysage.

CONCLUSION

Cette étude nous amène à relier les différents horizons dans un système pédologique représenté par une séquence schématique (figure 9).

La différenciation observée en position sommitale suggère que le planosol s'est développé à partir des horizons argilo-sableux, ceux-ci résultant de l'argilisation d'un matériau arkosique. Le processus d'argilisation dans ce matériau serait favorisé par la présence d'une nappe, le toit de l'horizon argileux lourd constituant son plancher imperméable.

Le contact planique agit ensuite comme un front de transformation progressant vers le bas par déferrification et désargilisation.

Vers l'aval, le matériau originel ayant disparu, le planosol est moins épais. Les horizons sableux étant alors saturés d'eau sur une épaisseur importante, ils perdent leur cohésion et sont déstabilisés. Le planosol se trouve ainsi en déséquilibre fonctionnel et se désorganise par érosion, en relation avec le fonctionnement de la nappe perchée située au niveau du contact planique. La présence d'îlots de planosol, situés plus à l'aval, renforce l'argumentation en faveur d'une évolution par recul du domaine à planosol. Une hydromorphie généralisée se développe ensuite en aval, là où les eaux de la nappe perchée sont concentrées en surface.

Plusieurs fronts de transformation sont ainsi identifiés : front d'argilisation du matériau arkosique, double front de désargilisation et de déferrification (planosolisation), front de gleyification. Ces fronts ou leurs contours sont aussi localisés. Il s'agit de la limite vers l'amont de l'hydromorphie généralisée et des limites vers l'aval de la planosolisation et de l'argilisation du matériau arkosique. L'évolution d'une telle différenciation sera donc réglée par la progression de ces différents fronts de pédogenèse.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement J.-P. CAUTRU (BRGM) pour son aide à l'interprétation des morphologies sédimentaires, M. DELAUNE (ORSTOM) pour les comptages de minéraux lourds et leurs interprétations, C. LE LAY et G. YART (INRA) pour leur assistance technique.

BIBLIOGRAPHIE

ARROUAYS D., DUVAL O., RENAUX B., 1989 - Esquisse des paysages pédologiques du Loiret à 1/250 000. INRA-SESCPF, chambre d'agriculture du Loiret, 178 p.

ARROUAYS D., 1987 - Carte des sols de la région centre à 1/50 000. Feuille de Bellegarde-du-Loiret. Notice explicative. INRA-SESCPF, chambre d'agriculture du Loiret.

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.

BRUAND A., 1980 - Analyse de la superposition de profils en vallée sèche de Champagne crayeuse. Mémoire DEA fédéral de pédologie. Univ. Paris VII. Multigraphie, 49 p.

GIGOT Cl., 1978 - Notice de la carte géologique à 1/50 000 de Neuvilleaux-Bois, Ed. BRGM.

GIGOT Cl., 1984 - Notice de la carte géologique à 1/50 000 de Bellegarde-du-Loiret, Ed. BRGM.

GIGOUT M., 1970 - Notice de la carte géologique à 1/50 000 de Châteauneuf-sur-Loire, Ed. BRGM.

HUMBEL F. X., 1984 - L'analyse structurale des couvertures de sol. Une base pour la cartographie des sols en Guyane. AFES, Livre jubilaire du cinquantenaire, pp. 181-191.

JAMAGNE M., BORNAND M., HARDY R., 1989 - La cartographie des sols en France à moyenne échelle. Programmes en cours et évolution des démarches. Sciences du sol, vol. XXVII, 4, pp. 301-318.

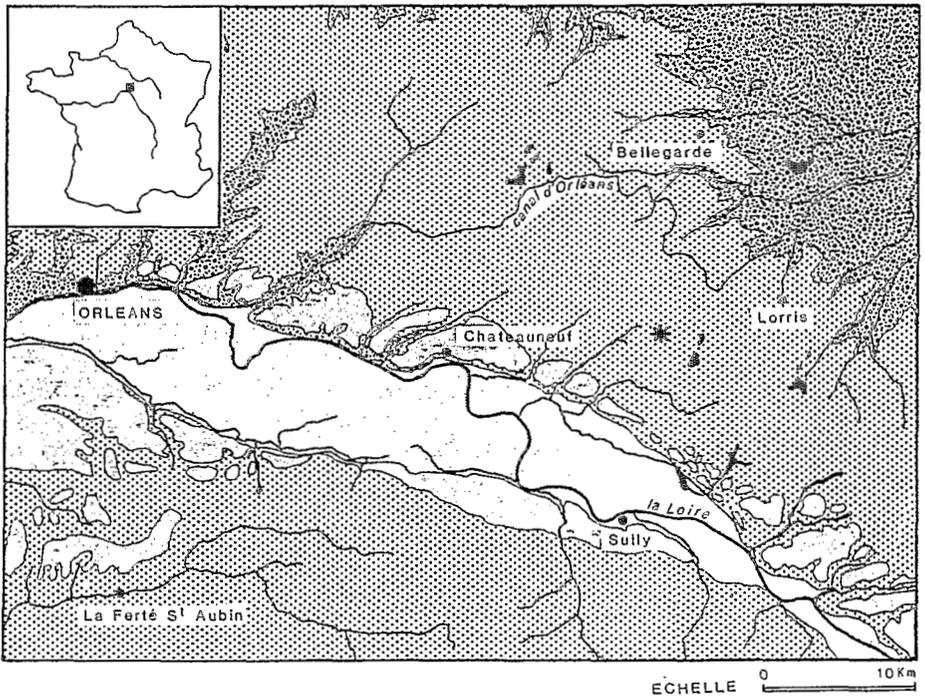
LAMOTTE M., 1986 - Contribution à l'étude des relations morphologiques, génétiques et hydrodynamiques entre horizons sableux superficiels et argileux sous-jacents sur un versant de la forêt d'Orléans. Mémoire DEA de pédologie. Univ. Paris VI. multigraphié, 74 p.

LAMOTTE M., BRUAND A., DUVAL O., HUMBEL F. X., 1988 - Un système planosol - sol hydromorphe en forêt d'Orléans. Sciences du sol, vol. XXVI-3, pp. 139-155.

LAMOTTE M., DUVAL O., HUMBEL F.X., JAMAGNE M., 1990b - Une démarche itérative pour l'identification et la cartographie d'un système pédologique en Orléanais.

NEEL C., 1990 - Etude et caractérisation d'un horizon argilo-sableux dans un planosol de la région de Montargis. Mémoire licence de géologie. Univ. d'Orléans. Multigraphié.

FIGURES



-  ALLUVIONS MODERNES ET RECENTES
-  ALLUVIONS ANCIENNES: BASSES ET HAUTES TERRASSES
-  BURDIGALIEN { SABLES ET ARGILES DE SOLOGNE
SABLES ET MARNES DE L'ORLEANAIS
-  AQUITANIEN CALCAIRE DE BEAUCE ET MOLASSE DU GATINAIS
-  ZONE ETUDIEE

Figure 1 : Ensembles sédimentaires régionaux et localisation du site étudié.

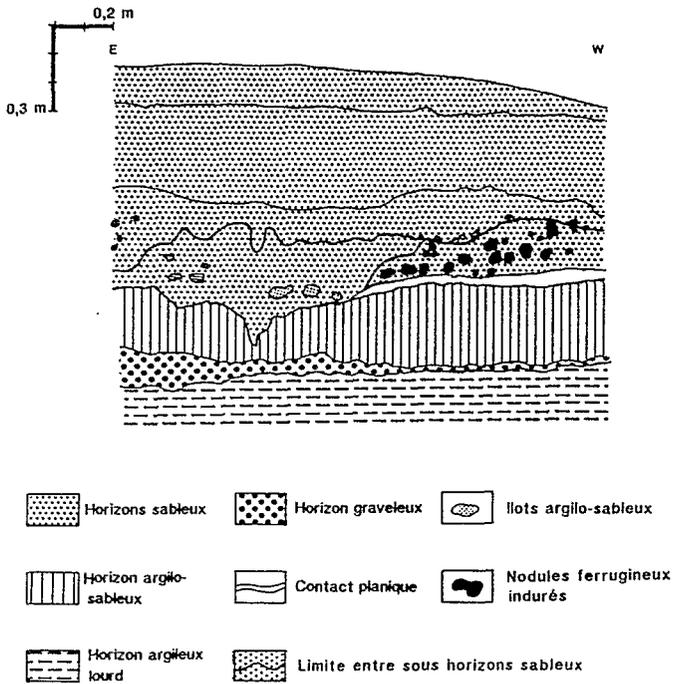


Figure 2 : Principaux horizons du planosol.

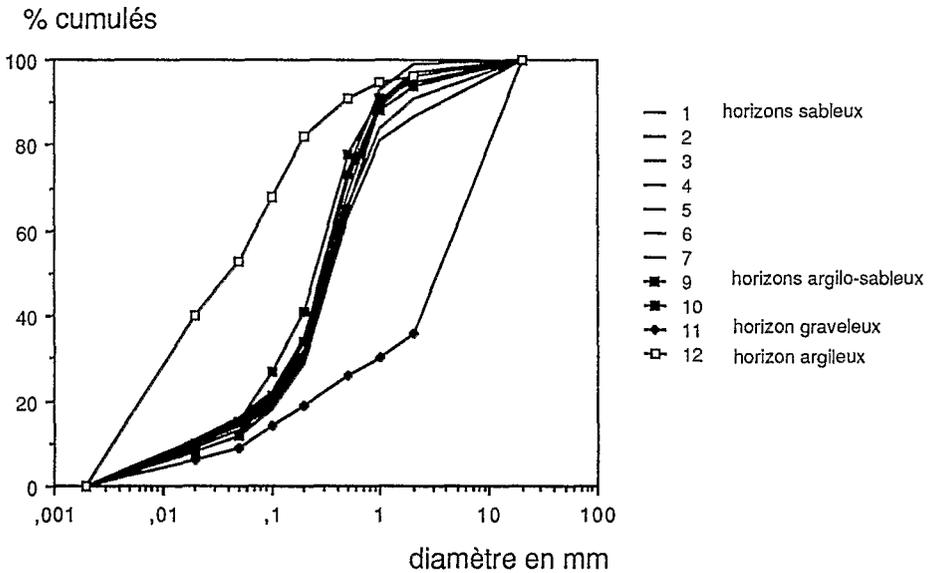
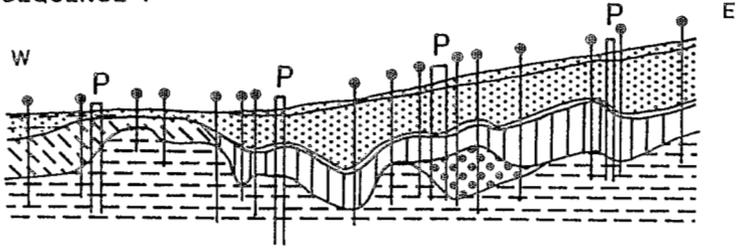
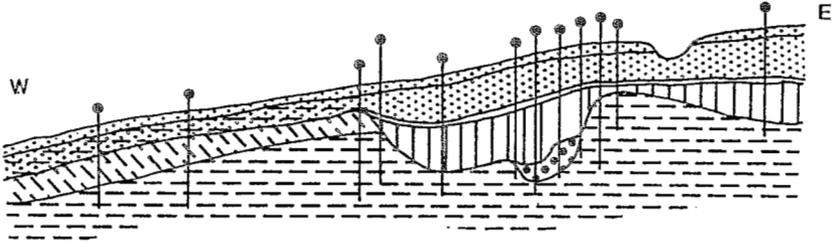


Figure 5 : Courbes granulométriques cumulatives des horizons sableux, argilo-sableux, graveleux et argileux (profil figure 2).

TOPOSEQUENCE 1



TOPOSEQUENCE 2



TOPOSEQUENCE 3

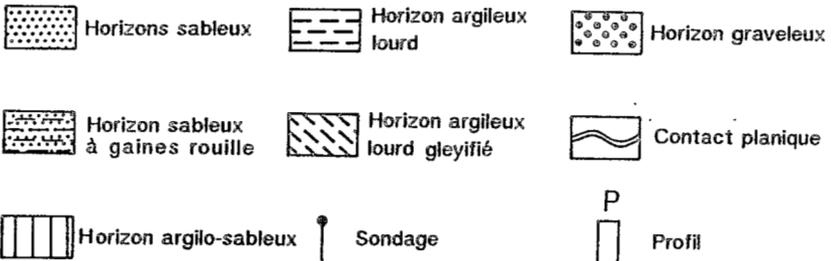
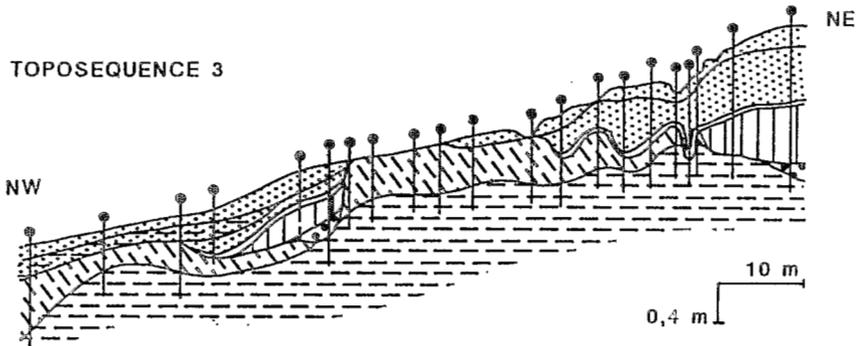
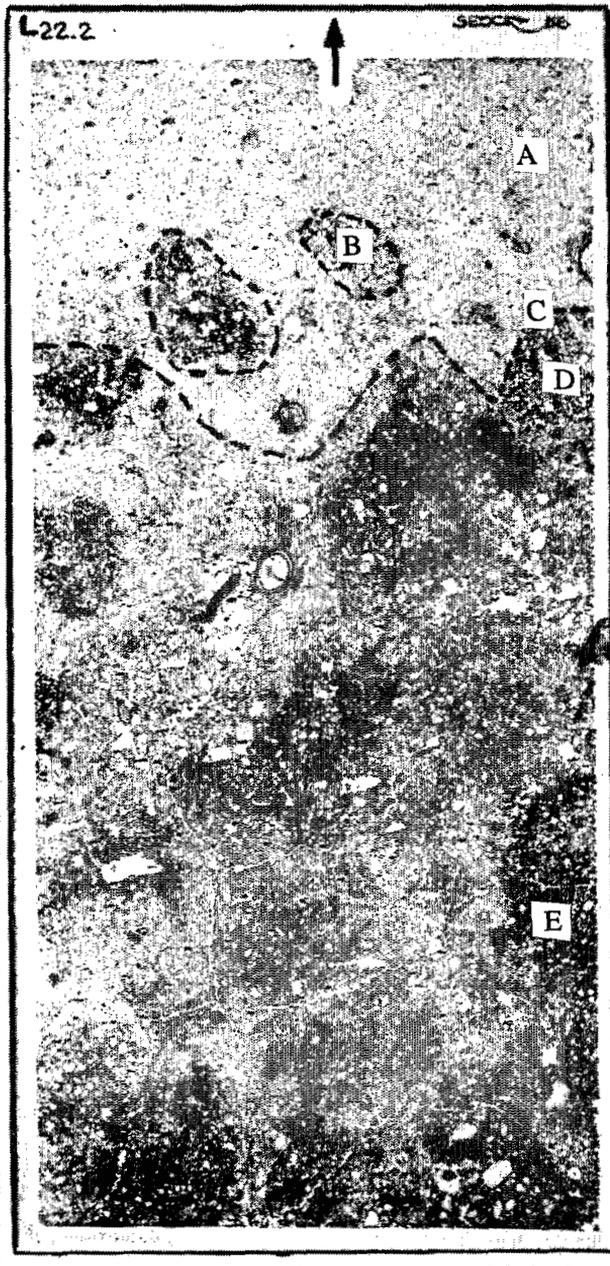


Figure 3 : Organisation toposéquentielle des horizons.



- A - Fond matriciel sableux.
- B - Îlot à fond matriciel à plasma argilo-ferrugineux.
- C - Contact planique.
- D - Fond matriciel à plasma argileux non ferrugineux.
- E - Fond matriciel à plasma argilo-ferrugineux.

Figure 4 : Les assemblages squelette-plasma de part et d'autre du contact planique.

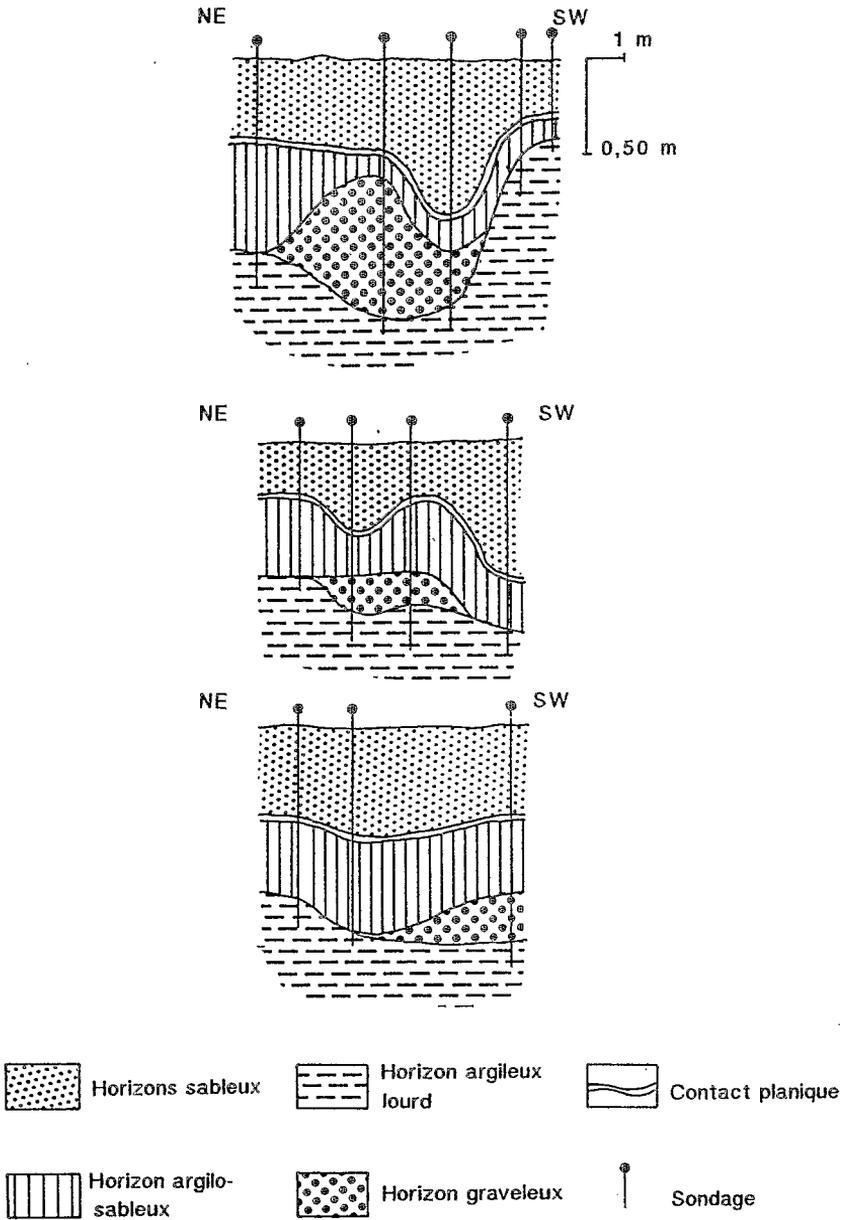


Figure 6 : Coupes séries transversales d'un chenal à remplissage graveleux.

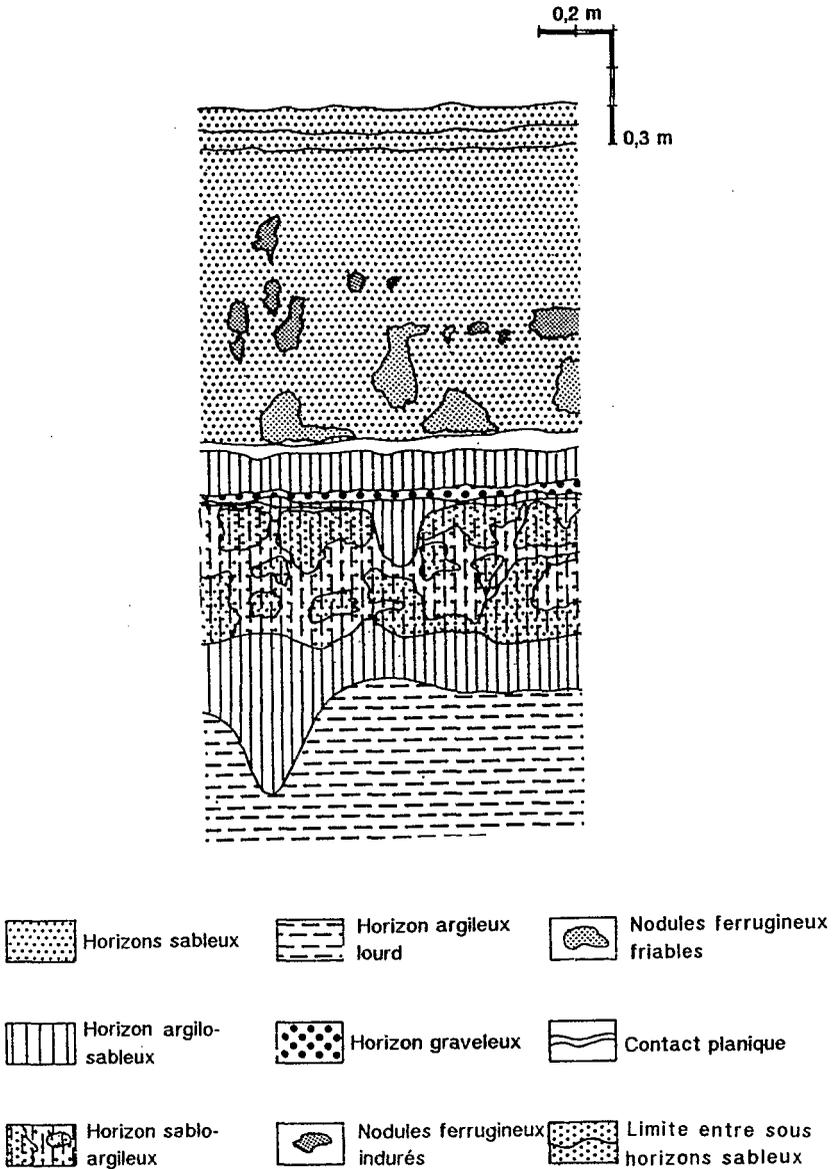


Figure 7 : Planosol où les horizons-sableux englobent un matériau arkosique sablo-argileux.

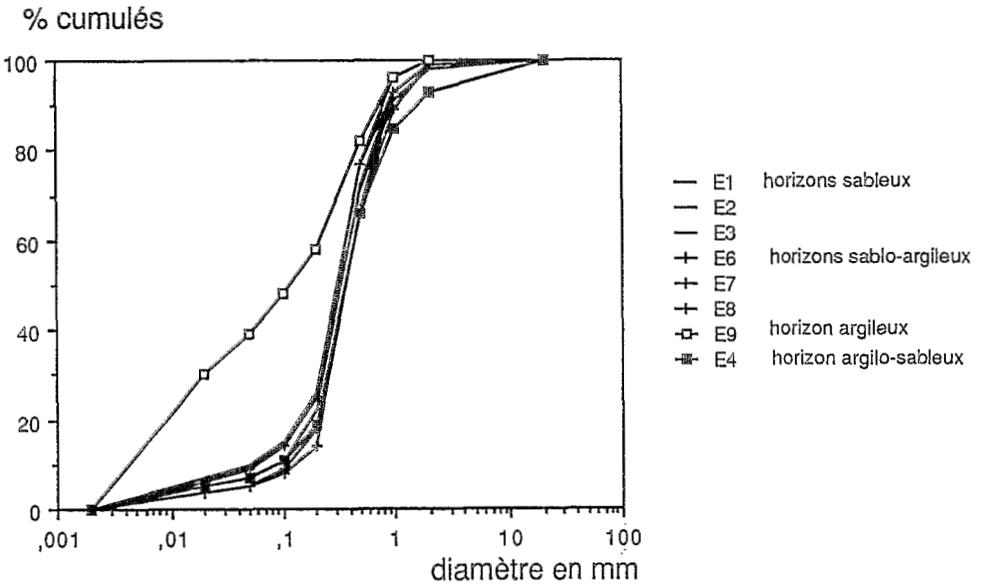


Figure 8 : Courbes granulométriques cumulatives des horizons du planosol à matériau arkosique (profil figure 7).

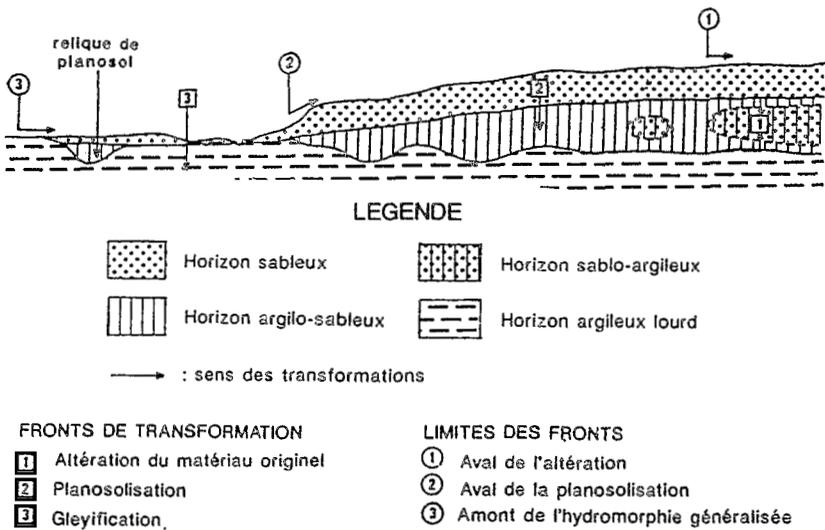


Figure 9 : Représentation schématique du système pédologique et localisation des fronts de transformation.