

importantes du territoire qui, soumises généralement très brutalement aux facteurs de l'érosion, ont vu leur topographie profondément modifiée par ces derniers.

La culture a ensuite amené des remaniements mécaniques intenses des couches de surface par les labours, ainsi que des variations dans la composition et les caractéristiques physico-chimiques des horizons du fait de l'incorporation d'engrais et amendements.

A ces influences, il faut également ajouter des modifications importantes telles que les améliorations foncières comme le drainage, l'ouverture des carrières ou fosses d'extraction, la création d'étangs artificiels, ainsi que les bouleversements dus aux conflits armés.

L'érosion provoquée par l'intervention humaine et la mise en culture des sols nécessite fréquemment l'établissement de principes de conservation des sols. Suivant la nature des matériaux et la topographie, les différents sols sont plus ou moins sensibles aux facteurs de l'érosion, et les mesures de protection doivent être adaptées à chacun d'entre eux.

2.3. LES SOLS

Nous présenterons ci-après, par région naturelle, les principaux types de sols rencontrés, en mettant l'accent sur ceux développés sur formations limoneuses.

Il s'agit donc en fait d'un inventaire du matériel étudié, et sur la base duquel nous serons à même d'introduire un certain nombre d'hypothèses concernant la genèse de ces sols.

Au cours de plusieurs années de travaux de terrain et de cartographie, de très nombreux sols ont été examinés, décrits et analysés. A partir de quelques centaines de profils, une première sélection nous a permis d'en retenir une trentaine. Ce choix a naturellement porté sur des sols dont le développement était particulièrement représentatif des unités les plus largement réparties.

Pour chaque région naturelle, nous ferons tout d'abord une description rapide des différents types de sols observés, en donnant les traits essentiels de leur répartition.

Quelques profils typiques des principales unités de sols sur limon loessique sont présentées en annexe. Les descriptions macromorphologiques en sont les plus complètes possibles, soulignant les caractères les plus marquants des différents sols. La caractérisation analytique comporte les déterminations systématiques effectuées sur tous les profils étudiés en cours de cartographie, elle nous semble particulièrement complète. Au demeurant, nombreux sont les sols pour lesquels des prélèvements sélectifs ont été effectués : revêtements argileux, zones particulièrement appauvries en argile ou en fer, ou encore fortement enrichies en un élément.

Parmi les premiers profils choisis, nous avons effectué une seconde sélection plus stricte qui nous a laissé en présence d'une douzaine de profils typiques que nous étudierons de façon détaillée en quatrième partie, en faisant appel à des déterminations complémentaires et à des techniques d'analyse plus fines, microscopiques, physico-chimiques et minéralogiques.

La base fondamentale de notre travail a donc été l'étude des unités-sols dans le paysage, chaque profil étant analysé non pas en tant qu'individualité, mais comme faisant partie intégrante d'un ensemble "biogéodynamique" (G. Bocquier - 1971).

Nous avons posé les problèmes à l'échelon d'un grand domaine, en le subdivisant en régions naturelles sur une base écologique. Il a donc fallu tenir compte de la grande hétérogénéité des matériaux présents, indépendamment des couvertures limoneuses. Ces dernières, de par leur type de distribution sur le modèle et les influences diverses des conditions péri- et tardiglaciaires qu'elles ont subies ne permettaient pas une étude aussi fine que celles préconisées par G. Bocquier, tout au moins à l'échelle d'analyse retenue.

Cependant, une attention toute particulière a été attachée à l'interprétation des sols en tant qu'unité tridimensionnelle faisant partie d'un ensemble pédologique, et pour laquelle les pertes et apports de matière peuvent s'envisager aussi bien latéralement que verticalement.

Pour ce faire, nous avons pensé qu'il était indispensable de présenter quelques esquisses cartographiques permettant de mieux comprendre les paysages. Il s'agit d'extraits simplifiés de carte pédologique

à moyenne échelle, les unités cartographiques étant situées de manière générale au niveau de regroupements de "séries de sols", ceci afin de faire ressortir suffisamment les grandes lois de répartition.

Quelques conclusions partielles concernant les sols limoneux de chaque région seront présentées, afin de mettre en évidence leur individualité.

2.31. LES SOLS DE L'ARDENNE

La nature des matériaux originels et le degré d'évolution des sols ardennais sont en relation étroite avec leur position dans le paysage.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Bien que non indiqués sur la carte géologique au 1/80.000, les limons de couverture sont largement représentés aux confins sud-ouest du Massif Ardennais.

Nous trouvons en effet, au niveau de la surface d'érosion façonnée dans les formations primaires, une couverture loessique assez importante. La profondeur du manteau varie naturellement en fonction de la position topographique, mais des épaisseurs de 4 à 5 mètres ont fréquemment été observées sur le plateau.

Sur les limons profonds se sont généralement développés des sols acides, à caractères de dégradation plus ou moins nets, bien que ne présentant pas toujours les marques d'un lessivage prononcé. Les horizons d'accumulation présentent fréquemment de nombreuses taches dégradées riches en limon fin.

Les sols y sont du type *sol lessivé acide, plus ou moins glossique, à mull acide ou moder mulleux* le plus souvent, à teneur en matière organique de 5 à 10 % dans l'horizon A₁, rapport C/N compris entre 12 et 16, pH de 4,5 à 5.

Suivant le degré d'évolution et la qualité du drainage, nous sommes en présence de "Glossaqualfs et Fragiudalfs typiques", de "Hapludalfs glessaquiques, aquiques ou typiques", de "Fragiudalfs glos-siques ou aquiques".

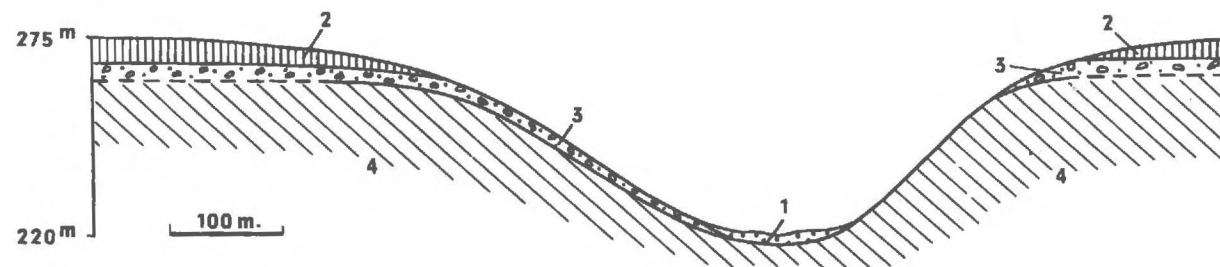
La dégradation de la partie supérieure du B_{2t} est liée à des capacités d'échange assez basses, et à un degré de saturation faible : 20/30 % en surface à 40/60 % en profondeur. Les capacités de rétention sont élevées, la teneur en eau utile variant entre 15 et 20 %.

Des secteurs très importants sont d'autre part caractérisés par la présence de matériaux limoneux paraissant assez anciens et altérés, et redistribués en nappes très vastes qui ne semblent présenter qu'un développement subactuel relativement peu marqué. Ces sols sont acides, à faible capacité d'échange, et à saturation basse ; ils sont fréquemment hydro-morphes.

Enfin, on peut observer localement des zones où un recouvrement plus récent surmonte un ancien sol enfoui. Le degré d'évolution y est naturellement moins avancé. La capacité d'échange y est un peu plus élevée, la saturation restant cependant très faible.

COUPE SCHEMATIQUE D'UNE PETITE VALLEE ARDENNAISE

A-Bt-C	A(Bt) II R	A(B) R	A-Bh-B'fe.IIR	A-C.II R	A-R	A(B) R	A-Bt-C
Sols lessivés localement glossiques à pseudogley	Sols bruns lessivés Sols bruns	Sols bruns acides et ocreux	Sols ocre podzoliques Podzols localement	Sols peu évolués d'apport Sols organiques	Sols d'erosion Rankers	Sols bruns acides	Sols lessivés à pseudogley



1. Produits limono-caillouteux
d'apport récent

2. Couverture limoneuse homogène

3. Produits d'altération et de solifluxion

4. Substrat Revinien

N-NW

Fig. 9

S.SE

Le développement y est du type *sol brun faiblement lessivé* ou *sol brun lessivé*, l'humus est alors le plus souvent du type mull mésotrophe, "Hapludalfs typiques" ou intergrades vers les "Inceptisols".

Les rapports C/N sont plus bas, 11 à 13, le pH se maintenant entre 4 et 5, la capacité d'échange est un peu plus élevée, 30 à 40 meq. la saturation étant toujours assez basse.

Trois *profils* caractéristiques des limons ardennais sont décrits en annexe : Hirson 57, Hirson 53 et Hirson 37.

Tous trois sont situés dans l'importante forêt domaniale de Saint-Michel, couvrant la majorité du territoire correspondant à la plate-forme ardennaise. Les deux premiers correspondent à des sols développés dans un matériau homogène, tandis que le troisième est caractérisé par la présence d'un recouvrement.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Sur pentes légères et moyennes, les sols se sont développés dans des *produits de solifluxion limono-caillouteux*, à charge variable, fragments de schistes ou de grès.

L'influence d'une charge gréseuse se marque généralement par une augmentation des fractions grossières, amenant parfois à une texture limono-sableuse, celle d'une charge schisteuse augmente la teneur en argile par apport de matériaux d'altération très fins.

Sur les pentes les moins accentuées, on observe des développements de *sols bruns lessivés, acides*, mais avec fréquemment présence d'humus brut en surface, du type moder mulleux ou moder, "Hapludalfs typiques".

Sur pentes moyennes, lorsque l'influence des produits d'altération du substrat lithologique est très importante, on observe des *sols bruns acides typiques*, sans traces d'illuviation et où le (B) cambique est très nettement marqué, "Dystrochrepts typiques, ou lithiques".

La teneur en matière organique des horizons humifères est très importante, à rapport C/N compris entre 13 et 18, la capacité d'échange est faible 30 à 35 meq. pour 100 g d'argile, la saturation de l'ordre de 10 à 40 %, la teneur en fer libre importante, les pH de 4 à 4,5. La quantité d'eau utile est assez élevée, de l'ordre de 18 à 20 %.

Ici interviennent d'une manière prépondérante, l'exposition et la couverture végétale. En effet, sous une végétation très acide-diphile, taillis sous futaie de chêne-charme à bouleau, bourdaine, Pteris, Deschampsie et Leucobryum, on peut remarquer la présence d'humus du type dysmoder avec une tendance à la micropodzolisation superficielle. De plus lorsque l'exposition est sud-sud-est, le développement de *sols bruns ocreux*, ou *sols ocres podzoliques* s'impose nettement avec l'apparition d'un micro-podzol très net lié à la présence d'un dysmoder accentué ou même localement d'un mor, "Dystrochrepts à Haplorthods entiques".

Ces sols à horizon ferrique de structure granulaire du type "fluffy" présentent des caractéristiques très typiques : teneur en matière organique très élevée en surface : 20 à 30 % à rapport C/N de 15 à 20, pH de 4 ou légèrement inférieur, capacité d'échange très basse, 20 à 30 meq. pour 100 g d'argile, saturation excessivement faible : 8 à 15 %, la teneur en fer libre de l'horizon B est très importante. Dans les cas les plus évolués, le *podzol* peut prendre un développement très marqué et s'établir sur une profondeur de plus de 30 cm : "Haplorthod typique" (G. Manil - A. Pécret - P. Avril - 1954-1965).

Sur les pentes les plus fortes, nous observons des sols très superficiels peu évolués d'érosion, du type *ranker*, des lithosols, "Udarthents lithiques".

Dans les vallées et dépression, les sols colluviaux et alluviaux, toujours de texture limoneuse, ne présentent pas de développement de profil bien différencié, ce sont des sols peu évolués d'apport, "Haplaquents typiques, aériques ou lithiques". Notons que l'acidité de ces formations est toujours très forte, la saturation très faible.

En ce qui concerne l'économie en eau des sols ardennais, l'hydromorphie présente sur les plateaux peut être due à deux causes essentielles :

- d'une part à des produits d'altération de schistes situés à faible profondeur,
- d'autre part à une perte de porosité au sein de la couverture limoneuse, évolution poussée menant à la formation d'un horizon compact du type *fragipan*, ou discontinuité lithologique entre couverture limoneuse récente et limon plus ancien.

Sur les pentes, le drainage semble généralement favorable, tandis que dans les dépressions des nappes à caractères permanents, généralement situées au niveau de substrats argilo-caillouteux, provoquent l'apparition de drainages très déficients.

Notons localement la présence de zones où les possibilités d'écoulement sont réduites et où des *tourbières acides à sphagnes* se développent, donnant naissance à des "Histosols".

Extrait de la carte des sols Hirson 3.4.

Le secteur représenté est très caractéristique : plateau subhorizontal profondément incisé par le réseau hydrographique et recouvert d'un manteau limoneux continu. Nous sommes en domaine forestier et l'érosion est faible, les colluviums limoneux sont étroits et localisés en bordure de plateau, à l'amont de la rupture de pente abrupte.

La majorité des sols sont plus ou moins profondément désaturés, l'ambiance est celle des sols acides, à tendance podzolique localement.

On constate donc une dominance de sols lessivés acides, les sols à tendance glossique se localisant sur les niveaux les plus élevés et dans les interfluves.

Légende

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols lessivés acides à tendance "glossique" à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés acides à pseudogley, non ou faiblement érodés.
3. Sols peu évolués d'apport.

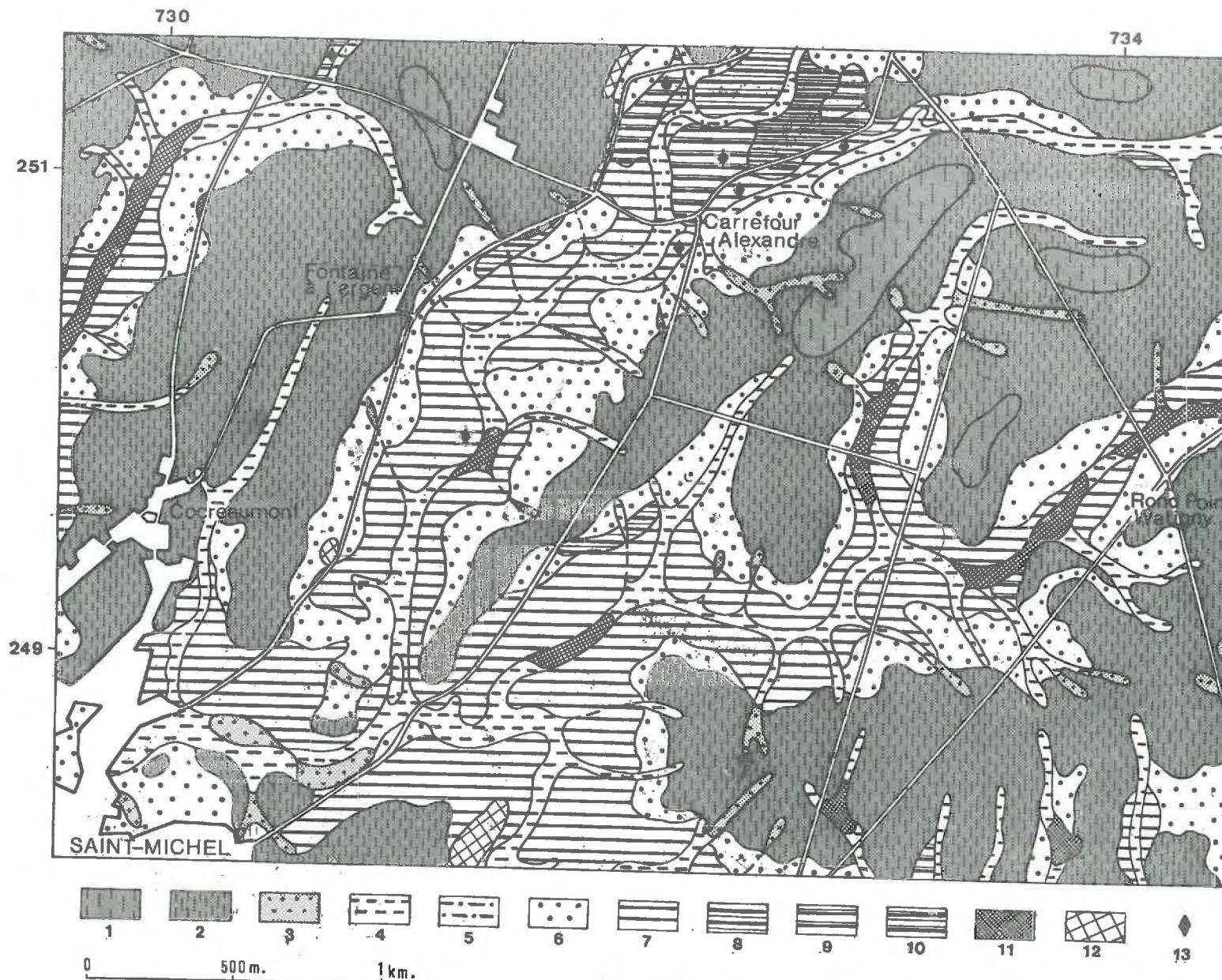


Fig. 10

Sols sur autres matériaux

4. Sols d'apport, colluviaux et alluviaux, limono-caillouteux, sur substrat primaire.
5. Sols d'apport, colluviaux et alluviaux, limono-sablo-caillouteux, sur substrat primaire.
6. Sols bruns acides et sols bruns faiblement lessivés sur produits de solifluxion caillouteux.
7. Sols bruns acides et ocreux, superficiels, sur schistes.
8. Sols bruns argileux, superficiels sur schistes.
9. Sols bruns acides et ocreux, localement podzoliques, superficiels, sur schistes et grès.
10. Sols bruns argileux superficiels sur schistes et grès.
11. Sols hydromorphes organiques acides.
12. Présence locale de sols ocre podzoliques à micropodzol.

Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux ardennais

L'ensemble des caractères de ces sols peut se définir relativement aisément. Tous constituent des sols acides, désaturés, où les phénomènes d'illuviation sont modérément marqués, et fréquemment accompagnés de traces de dégradation, peu accentuées cependant.

Nous verrons plus loin que la couverture limoneuse ardennaise présente de nombreuses caractéristiques de remaniement et d'altération relativement exprimée. G. Manil en 1958, avait interprété de manière très analogue certains limons des plateaux ardennais de Belgique.

Ce fait, celui que ces sols ont vraisemblablement toujours été forestiers ou presque, ainsi que des conditions climatiques très humides et fraîches, sont vraisemblablement à l'origine de ce type de développement. Des conditions hydromorphes, en milieu désaturé, acidifié, sont propices à l'apparition d'un type de lessivage particulier (G. Manil - 1962, Kundler - 1965, Duchaufour - 1968), et d'un processus de dégradation. Ce dernier est cependant limité, lié aux couches tout à fait superficielles, comme l'étude de l'évolution de l'aluminium libre semble le prouver. D'autre part, les relations entre le comportement du fer et celui de l'argile dans des sols de ce type devrait faire l'objet d'une attention particulière.

Un profil très caractéristique de cette évolution des sols de l'Ardenne, Hirson 55, sera étudié en détail, notamment sous l'aspect minéralogique, dans le chapitre 4.33. Des conclusions générales sur la genèse de ces sols seront présentées en cinquième partie.

2.32. LES SOLS DE THIERACHE

L'importance prise par la couverture limoneuse dans la partie septentrionale de la région est grande. Nombreuses sont cependant les assises secondaires intervenant dans la constitution des formations superficielles.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Les limons de couverture de la Thiérache présentent fréquemment la superposition de deux apports successifs bien différenciés.

Le dépôt le plus récent porte des sols bruns lessivés, fréquemment à *pseudogley*, "Hapludalfs typiques et aquiques", dont la saturation varie essentiellement en fonction de l'utilisation actuelle : agricole ou forestière. Ces sols, lorsque situés sous prairies, présentent un "gley" superficiel assez généralisé. Les prairies permanentes possèdent en surface des teneurs en matière organique de l'ordre de 4 à 8 %, le rapport C/N variant entre 9 et 11.

Sous ces formations apparaît assez fréquemment un niveau constituant un sol plus ancien, plus évolué, montrant des caractères liés à une évolution sous climat plus agressif que l'actuel : traces de ferruginisation, revêtements argileux très épais, pisolithes très indurés.

Le contact entre la couverture récente et le matériau plus ancien présente souvent la trace de phénomènes liés aux conditions périglaciaires fentes de gel, involutions, petits bloquaux redistribués, fragmentation de caractéristiques pédologiques. Notons que les limons anciens présentent généralement une compaction très forte, liée à une structure grossièrement lamellaire, la porosité de la zone de contact est très faible, de l'ordre de 30 %. La densité apparente peut y atteindre des valeurs très proches de celles observées dans les fragipans typiques, supérieures à 1,8.

Certains sols, généralement situés sous végétation forestière, présentent cependant un degré d'évolution beaucoup plus avancé et constituent des *sols bruns lessivés*, désaturés, et en voie de dégradation ; leur hydromorphie est alors très accentuée : "Ochraqualfs ou Fragiaqualfs typiques, Hapludalfs typiques ou aquiques, Fragiudalfs typiques, aquiques ou glossiques".

La majorité des sols situés sur pentes légères et aux abords des ruptures de pentes convexes ont un degré d'érosion marqué, et l'horizon limono-argileux d'accumulation apparaît très proche ou en surface. Suivant l'ancienneté de la déforestation, on peut suivre l'importance croissante de cette érosion ainsi que l'étalement plus important des matériaux colluviaux récents.

Pour illustrer ces formations, nous avons sélectionné quatre *profils*, deux en Haute-Thiérache : Hirson 24 et Hirson 61, deux en Basse-Thiérache : Rozoy 24 et Rozoy 19, dont les données sont présentées en annexe.

Les deux premiers sont développés dans des limons reposant en profondeur sur le crétacé dans les argiles à silex, les deux derniers dans des formations constituées par des apports limoneux successifs.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les *limons hétérogènes* sont pour la plupart caractérisés par une charge en fragments de silex ; généralement assez superficiels, ils reposent sur un cailloutis de base d'épaisseur souvent assez faible. Ce conglomerat est donc généralement assez peu important et ne semble pas avoir une valeur stratigraphique bien définie. Sous ce niveau graveleux, on retrouve rapidement les divers faciès des assises du crétacé. Cet arrêt ne constitue donc pas précisément un substrat cohérent, la pénétration radiculaire pouvant s'effectuer relativement aisément.

Les sols observés sont du type *sol brun et sol brun faiblement lessivé* suivant la profondeur du sol et la position topographique "Eutrochrepts dystriques, Hapludalfs intergrade vers les Inceptisols". Les caractéristiques générales sont assez analogues à celles des limons homogènes, on y note cependant des capacités d'échange plus faibles et une réserve en eau naturellement très variable.

Le *calcaire colithique* présente dans la partie nord-est de la région des faciès d'altération de texture lourde, argilo-limoneux, ou argileux, mais très bien structurés. Les limons loessiques influencent cependant d'une manière pratiquement constante les couches superficielles, et les sols développés entièrement dans une argile de dissolution en place sont assez rares.

COUPE SCHEMATIQUE D'UNE FALAISE JURASSIQUE

A-C	A-(B)-C	A-(B)-R	A-B _t -II C-II R
Sols peu évolués colluviaux	Sols bruns calcaires et calciques	Renzines bruniflées Sols bruns calcaires	Sols bruns lessivés

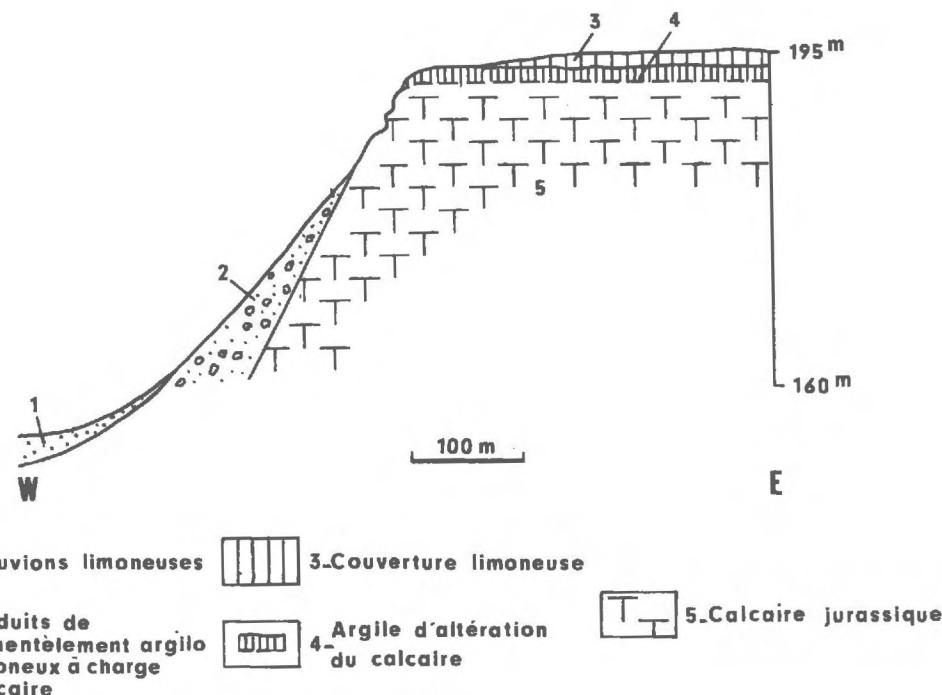
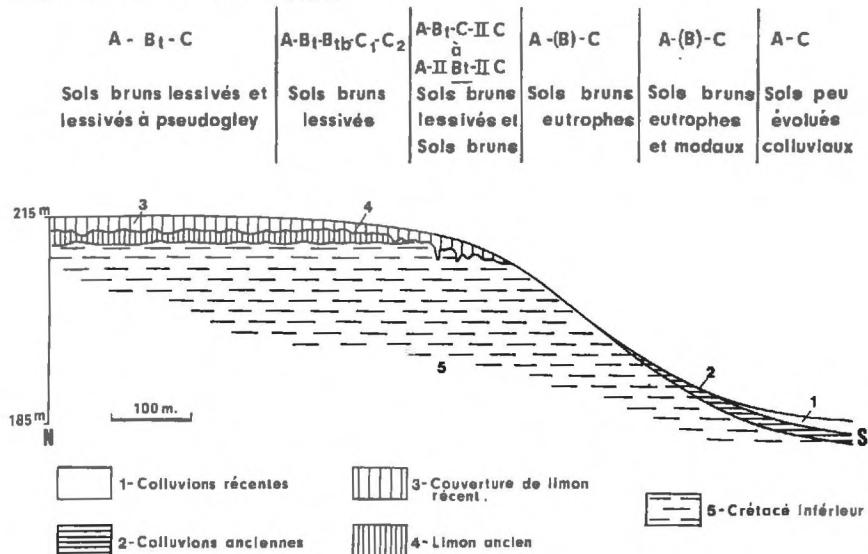


Fig. 11

COUPE SCHEMATIQUE D'UNE SEQUENCE PLATEAU-VERSANT SUR CRETACE INFÉRIEUR



COUPE SCHEMATIQUE DANS LA PARTIE SUD DE LA THIERACHE

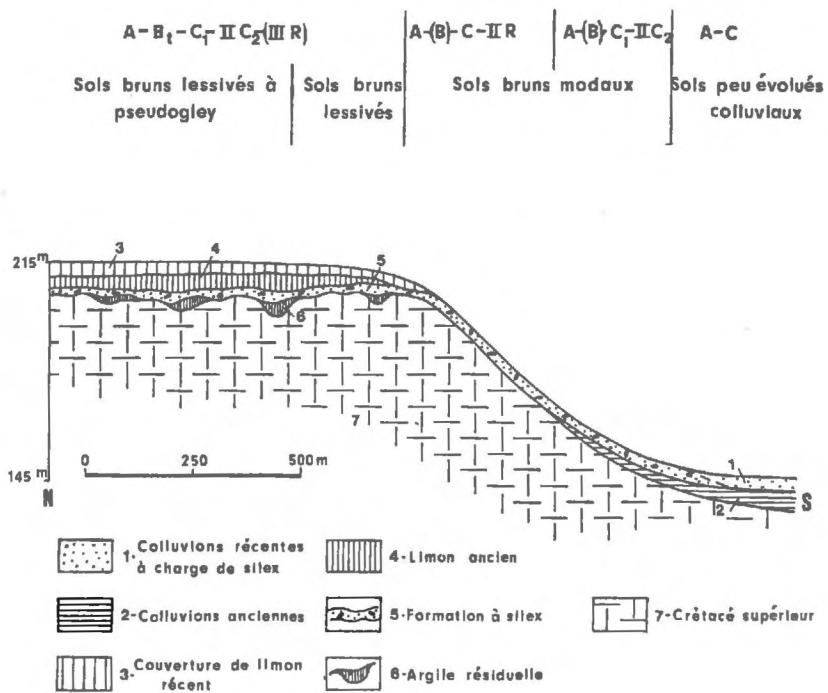


Fig. 12

Ces sols sont généralement des *sols bruns calcaires ou calciques* "Hapludoll typique ou entique, Eutrochrepts typiques ou rendolliques", selon la différenciation plus ou moins marquée de l'horizon mollique, très stable et à structure grumeleuse. La teneur en eau utilise avoisine 20 %, la réserve en eau dépendant évidemment de la profondeur du sol. Les plus superficiels d'entre eux, situés sur pentes moyennes, ou aux ruptures de pentes des *rendzines* et *rendzines brunifiées*, "Rendolls, Hapludolls typiques". Il est à noter que l'altération chimique du calcaire jurassique semble très importante, par rapport à celle des formations crayeuses du secondaire.

Les sédiments du crétacé inférieur, de l'Albien, présentent des teneurs en glauconie très élevées. Les dépôts les plus superficiels ont vraisemblablement subi une évolution pédogénétique sous l'influence de paléoclimats chauds, peut-être du type tropical. La glauconie y est très fortement altérée, des vestiges de ferruginisation sont très aisément observables : grenailles, fragments d'horizons ferriques.

Lorsque ces matériaux affleurent, on y note des traces d'évolution plus récentes, complexe, surimposée aux paléosols, développement de *sols bruns faiblement lessivés*, "Hapludalfs intergrades vers les Inceptisols", les revêtements argileux étant le plus souvent très fins et discontinus. La capacité d'échange est souvent élevée, 70 meq. la saturation du complexe moyenne, les pH variant entre 6 et 7 ; les réserves en eau sont satisfaisantes.

Les dépôts marneux du crétacé, Cénomanien et Turonien, présentent des sols où seul un développement structural et une décarbonatation relativement poussée se manifestent. *Sols bruns* plus ou moins *calciques*, "Eutrochrepts typiques" le plus souvent, "rendolliques" quelquefois. On observe assez fréquemment dans ces formations la présence de surfaces luisantes, "slickensides", caractéristiques de minéraux argileux à réseau expansif ; ces sols sont fortement saturés, à tendance vertique.

Dans le sud de la Thiérache, apparaissent de véritables *(formations à) silex* qui, comme nous l'avons vu plus haut, ont une constitution variant considérablement avec les conditions d'apparition et de développement. Les argiles proprement dites sont toujours assez peu épaisses, quelques 50 à 70 cm généralement, situées au contact direct avec la craie altérée et contenant des silex en rognons entiers ; leur texture est très lourde, 60 à 75 % d'argile, la capacité de rétention très élevée. Les sols y sont du type *sols bruns vertiques* (C. Mathieu - 1971).

Les conglomérats et biefs à silex présentent une matrice assez hétérogène, constituée d'un mélange de produits d'altération de la craie, de limons et de matériaux provenant de l'érosion et du démantèlement des assises de l'Eocène inférieur ; d'autre part, la charge grossière comporte des fragments de silex d'importance variable et plus ou moins émoussés, indiquant des déplacements assez importants, ainsi que sporadiquement des morceaux de grès altéré. Les sols observés dans ces matériaux sont des *sols bruns* et *sols bruns lessivés*, ils sont assez peu représentés, étant fréquemment recouverts par des limons hétérogènes.

Enfin, les dépressions sont caractérisées par la présence de *sols peu évolués d'apport*, de texture limoneuse ou sablo-limoneuse, "Haplquent typiques, aériques ou lithiques, Udifluvents typiques, aquiques, lithiques".

L'économie en eau de ces sols de Thiérache est généralement très déficiente, le drainage interne est le plus souvent imparfait à faible, voire très faible. La nappe de base du réseau hydrographique est située au niveau des assises du crétacé inférieur, de nombreuses zones de suintement existent sur les versants ; mais le caractère le plus typique est la présence des nappes phréatiques temporaires situées au niveau du contact entre les cailloutis à silex et les substrats argilo-marnueux du crétacé et qui est la cause de l'humidité et de la vocation pastorale de tous ces sols.

Extrait de la carte des sols Rozoy 7.8.

Secteur de transition à paysage agro-pastoral et forestier, le territoire couvert par l'esquisse de répartition présentée est typique de la Basse-Thiérache.

Le modelé est ondulé, à ruptures de pentes convexes et valloons assez larges, induits par la nature argilo-calcaire de la majorité des substrats et par la présence de nombreuses formations à silex (C. Mathieu - 1971). La présence de ces matériaux calcaires provoque l'apparition d'unités de sols d'apport de nature limono-calcarifère. Les limons recouvrent la presque totalité du relief. Une grande partie des sols utilisés sur les parties hautes du relief sont à hydromorphie marquée.

La partie est, située sous forêt, montre la dominance de sols lessivés à profil complet, non érodés, tandis que la partie ouest, située sous culture et prairies, offre surtout des sols fortement tronqués, seuls ceux localisés sur dômes et interfluves étant partiellement conservés.

On notera l'importance prise par les colluvions limoneuses, particulièrement dans les zones déforestées.

Légende.

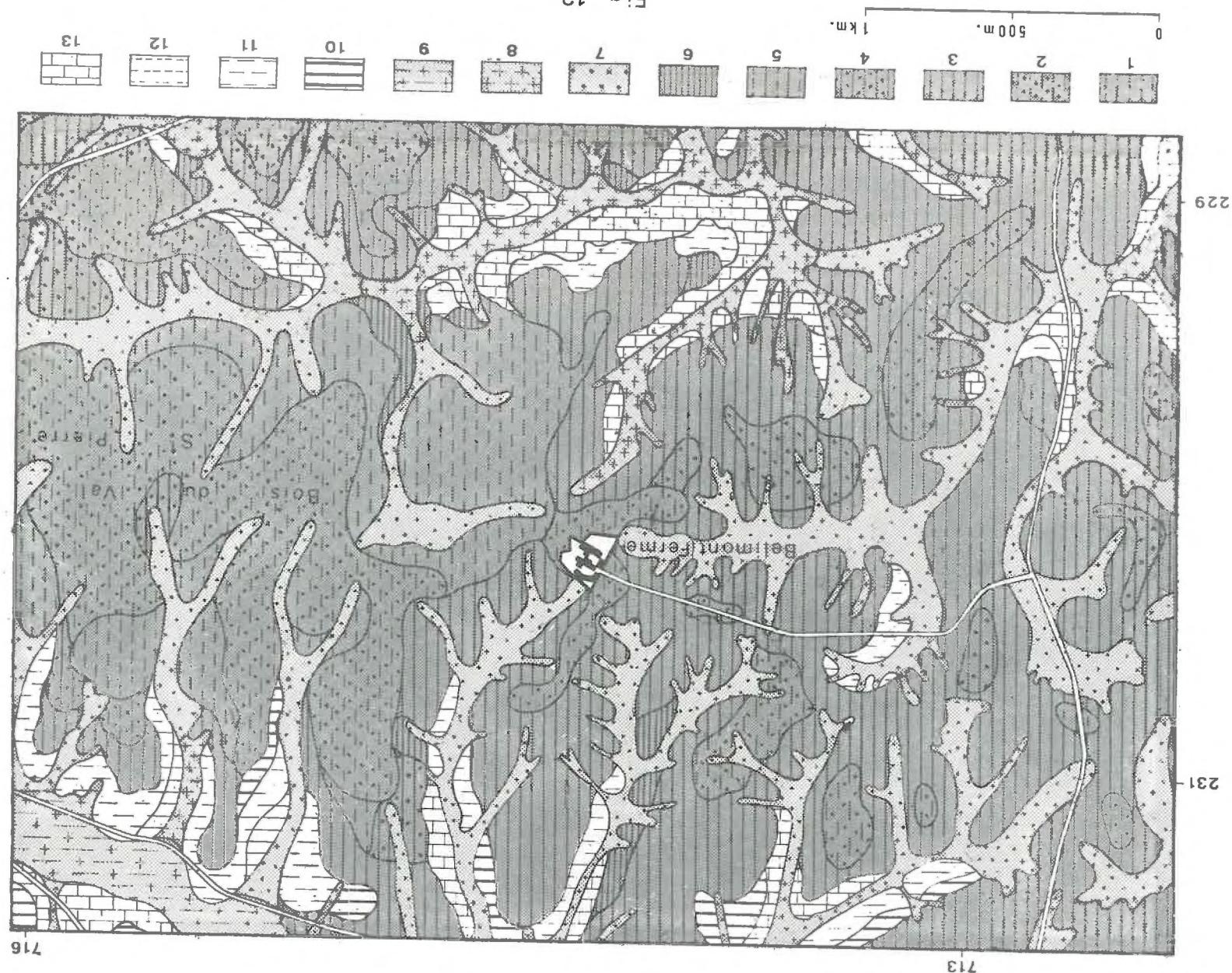
Sols sur matériaux limoneux

1. Sols bruns lessivés et lessivés, non érodés.
2. Sols lessivés, localement légèrement dégradés, à pseudogley, non érodés.
3. Sols bruns lessivés et lessivés, érodés.
4. Sols bruns lessivés et lessivés, à pseudogley, érodés.
5. Sols bruns lessivés et lessivés, limoneux à limono-sableux, érodés.
6. Sols bruns lessivés très érodés, sur substrat argileux.
7. Sols peu évolués d'apport.
8. Sols peu évolués d'apport, limono-calcarifères.
9. Sols peu évolués d'apport, à pseudogley, limono-calcarifères.

Sols sur autres matériaux

10. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, limono-argileux.
11. Sols bruns à caractères verticaux sur "argiles à silex".
12. Sols bruns à substrats crayeux.
13. Sols calcimagnésiques : rendzines et sols bruns calcaires sur craie.

Fig. 13



Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Thiérache.

Le caractère prédominant des sols limoneux de Thiérache, en relation avec le paysage que l'on y observe est naturellement l'hydromorphie.

Due soit à la présence de substrats secondaires fortement argileux, soit à la superposition de dépôts limoneux à discontinuités compactées, ces caractères d'engorgement plus ou moins temporaires marquent la majorité des sols.

Acides sous végétation naturelle, resaturée au moins partiellement sous prairies ou sous culture, ils présentent tous des phénomènes d'illuviation.

La mise en évidence du processus de lessivage est souvent relativement malaisé du fait de la grande hétérogénéité des dépôts que nous venons de mentionner, et des caractères d'hydromorphie masquant fréquemment les indices de migration colloïdale.

Certains sols, comme le dernier que nous avons présenté, sont marqués par des caractères évidents, bien que moins accentués que dans d'autres régions, d'une dégradation en conditions acides et hydromorphes. Peut-être sont-ils à rattacher à certains sols ardennais, soit de par la nature du matériau lui-même, soit du fait d'une présence forestière plus longue.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ce problème lors de l'analyse plus complète exposée dans un prochain chapitre.

2.33. LES SOLS DU MARLOIS

Le Marlois constitue une région de transition assez caractéristique. Située en bordure sud de la Thiérache, nous verrons qu'elle représente en fait l'extension est des formations de Picardie.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Tout comme en Thiérache, deux apports limoneux importants sont séparés par une évolution pédologique ancienne assez marquée (M; Jamagne et C. Matieu - 1972).

La couverture la plus récente peut cependant y atteindre une épaisseur plus grande ; des *sols bruns lessivés* ou *lessivés en voie de dégradation* s'y observent : "Hapludalfs typiques, aquiques ou glossiques", ces derniers particulièrement sous végétation forestière. Les traces de dégradation vont généralement de pair avec des phénomènes plus ou moins marqués d'oxydo-réduction au niveau de l'horizon Bt tacheté.

Sur pentes, le limon ancien, plus rougeâtre, peut apparaître, il présente un horizon argillique à revêtements argileux assez épais.

Cette zone de transition du Marlois nous a paru très importante, de par sa position géographique, pour étayer nos interprétations.

Trois *profils* ont été sélectionnés comme représentatifs de ce secteur : Vervins 2 - Vervins 17 et Vervins 10. Les deux premiers sont présentés en annexe, le profil Vervins 10 sera étudié de manière détaillée au chapitre 4.31.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

L'*altération des craies* turonienne et sénonienne est liée d'une part à la présence des formations à silex, d'autre part aux phénomènes intenses d'évolution sous climat périglaciaire.

Les argiles résiduelles à silex sont présentes sous la couverture limoneuse et apparaissent en position de versants à la faveur de l'érosion et du creusement des vallées. Dans ces formations peu épaisses se sont développés des *sols bruns eutrophes vertiques*, à drainage interne favorable à modéré : "Eutrochrepts" intergrades vers les "Vertisols".

Voisinant les "biefs à silex", et plus particulièrement en relief accentué et très érodé, les produits d'altération de la craie sont des résidus de fragmentation dus à l'action du gel. La craie est fréquemment subdivisée à un tel point que les produits résiduels présentent une granulométrie très fine. Toutefois, le matériau originel est pratiquement toujours remanié à des produits allochtones donnant un matériau de texture calcaro-limoneuse à limono-calcaire. Suivant la teneur en CaCO_3 et l'épaisseur du solum, on peut y observer des *sols bruns calcaires*, des *rendzines brunifiées* et des *rendzines grises* : "Eutrochrepts typiques ou rendolliques", "Rendolls" ou "Mopludolls".

Sur alluvions anciennes de texture limono-caillouteuse ou caillouteuse, quelquefois calcarifère, on observe divers types de sols en fonction du profil local : *sol brun calcaire, calcique ou eutrophe, sol brun ou brun faiblement lessivé* : "Eutrochrepts typiques ou dystriques".

Sur alluvions modernes et colluvions, formations plus récentes, se présentent naturellement des *sols peu évolués d'apport*, souvent *calcimorphes*.

Extrait de la carte des sols Vervins 3.4.

L'ensemble du paysage représenté sur l'esquisse cartographique montre une évolution du modèle marquée par l'influence des conditions péri-glaciaires sur un soubassement crayeux très gélif. La topographie se présente comme une suite de larges lignes de crêtes et dômes séparés par des vallons à pentes modérées se raccordant à d'importantes dépressions alluviales. Ces vallées comportent des matériaux d'apport ancien typiquement limono-caillouteux.

La distribution générale de la couverture limoneuse est bien mise en évidence par une certaine dissymétrie dominante des vallées : flancs adoucis à manteau loessique aux expositions est-sud-est, versants plus raides où la craie affleure fréquemment aux expositions ouest-nord-ouest. Cette répartition est celle déjà soulignée auparavant par R. Tavernier (1948) et F. Bordes (1954).

L'érosion des sols limoneux est modérée, beaucoup d'entre eux sont partiellement tronqués, les profils complets s'observant sur les dômes légers, tandis que sur les pentes les plus fortes apparaît très localement en surface le limon argileux des horizons d'accumulation.

Légende.

Sols sur matériaux limoneux.

1. Sols bruns lessivés et sols lessivés, non érodés.
2. Sols bruns lessivés et sols lessivés, faiblement érodés.
3. Sols bruns lessivés et sols lessivés, tronqués.
4. Sols peu évolués d'apport, colluviaux, limoneux.
5. Sols d'apport, alluviaux, calcimorphes, limoneux.

Sols sur autres matériaux.

6. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, limono-caillouteux, des basses terrasses - Alluvions anciennes.
7. Sols bruns eutrophes à caractères vertiques, argileux, sur argiles et biefs à silex.
8. Sols calcimagnésiques, calcaro-limoneux, à substrat crayeux.
9. Sols calcimagnésiques, limono-calciques, à substrat crayeux.

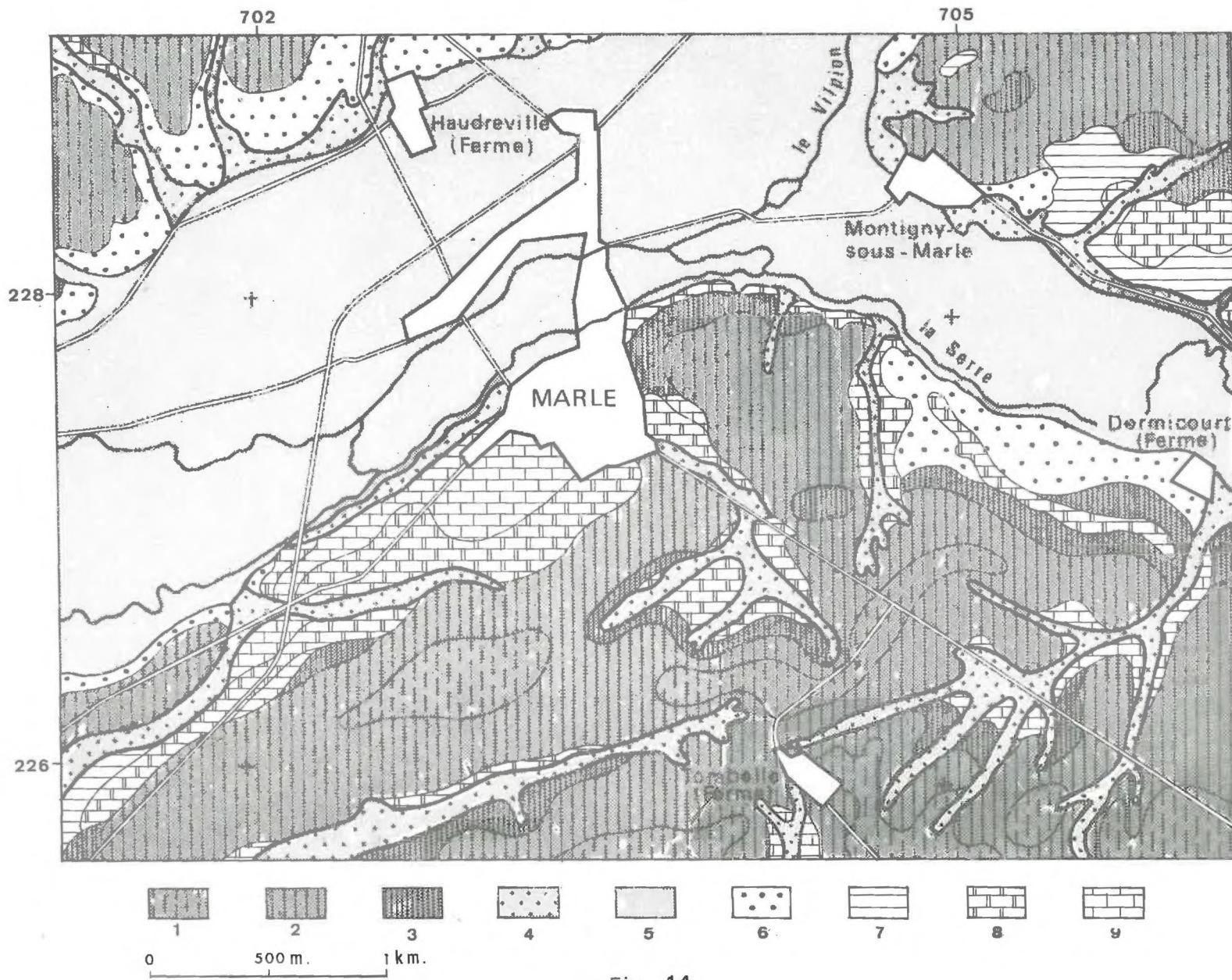


Fig. 14

Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux du Marlois.

Le degré d'évolution des sols du Marlois est modéré, une illumination assez nette les caractérise, et on y note une migration préférentielle d'argile fine qui se répartit le plus souvent au niveau de la base de l'horizon Bt ou dans le B₃; le pH est moyen et la plupart des sols sont saturés.

Les sols sont fréquemment partiellement tronqués, même sur pentes relativement faibles, en relation avec une mise en culture assez ancienne.

Quelques sols portent des traces de dégradation peu marquées le plus souvent : simple tacheture de l'horizon B argillaire, ne se reflétant pas dans les données analytiques. D'autres cependant, sous végétation forestière probablement assez ancienne, voient des caractères d'altération plus nets se différencier.

En profondeur apparaît presque systématiquement un matériau constituant vraisemblablement la partie supérieure d'un horizon argillaire ancien, à revêtements rougeâtres très caractéristiques (M. Jamagne et C. Mathieu - 1972).

Certains secteurs présentent ce type de matériau en surface où il subit une évolution par lessivage plus ou moins avancée. Nous sommes alors en présence de sols typiquement polygéniques, nous en verrons plus loin un exemple de manière détaillée (cf. 4.33.).

2.34. LES SOLS DE CHAMPAGNE

La partie du territoire que nous avons eu l'occasion d'étudier est relativement restreinte mais cependant assez représentative. Nous avons eu l'occasion de la confirmer par des observations réparties dans les régions les plus typiques du département de la Marne.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Quelques rares lambeaux de formations loessiques s'observent en bordure de l'Ile-de-France et de la Thiérache. Les sols sont très analogues à ceux que nous avons décrits pour le Marlois : *sols bruns lessivés* et *sols lessivés, "Hapludalfs typiques"*.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les matériaux originels sont constitués par les *produits d'altération de la craie*, issus le plus souvent de phénomènes mécaniques, physiques, dus au gel et aux différents modes de déplacement étroitement liés aux fluctuations climatiques. Comme nous l'avons vu plus haut, la craie est un matériau très sensible à ces variations de climat. Les phénomènes d'érosion morpho-climatique du type péri- et tardiglaciaire ont donc joué très fortement : cryoturbation caractérisée par des festons, des involutions, des plications, des solifluxions très importantes.

Suivant la position dans le paysage, ce substrat crayeux se présente donc comme une craie en place, une grève crayeuse, mélange de craie fine et de graviers et cailloux de craie, un limon très calcarifère quelquefois induré tel un véritable "tuff".

Sur ces dépôts d'origine essentiellement crayeuse, nous trouvons des matériaux allochtones d'origine éoliennes, nivéo-éoliennes ou d'épannage. La texture en est limoneuse à sableuse, et ils datent vraisemblablement du Pléistocène supérieur.

Il est donc essentiel de noter ici que les sédiments reposant sur la craie sont pratiquement toujours des dépôts dont une partie au moins provient d'apports extérieurs. Nous voyons donc qu'à part quelques cas

particuliers où le sol s'est développé avec plus ou moins d'intensité aux dépens de produits issus exclusivement de l'altération de la craie, la majorité des couches superficielles ne peut être considérée comme des sols en place. D'autre part, l'influence du substrat se marque pratiquement toujours par la présence d'une teneur en calcaire très importante dans l'ensemble du solum, fréquemment supérieure à 30/40 %. La répartition granulométrique est le plus souvent très caractéristique, une fraction importante se présente sous forme de calcaire très fin, colloïdal, de dimension inférieure à 2 microns.

Au point de vue classification des sols, tous sont des sols calcimagnésiques et nous considérons que la plupart sont à classer parmi les "pararendzines" et les *sols bruns calcaires et calciques*. Les *rendzines typiques* s'observent dans des positions où l'érosion a suffisamment dégagé les substrats ; des sols ont alors pu se développer directement aux dépens de ceux-ci. La teneur moyenne en matière organique des horizons de surface varie le plus souvent entre 2 et 4 %, plus lorsqu'il s'agit de sols récemment mis en culture, les rapports C/N varient entre 10 et 12.

Dans la 7e approximation, ces formations se classent donc soit comme "Rendolls" soit comme "Hapludolls typiques entiques", soit comme "Eutrochrepts typiques ou rendolliques", "aquiques" en bordure des dépressions.

Les sols des vallées et dépressions, *colluvions et alluvions* récentes, sont toujours de texture limoneuse ou limono-sableuse, et peuvent présenter localement un horizon A₁ mollique. Nous observons donc des "Haplaqueolls typiques", "histiques" lorsque très humides, ainsi que des "Hapludolls aquiques". Parmi les "Entisols", nous relevons la présence d'"Haplaquevents typiques et aériques" et d'"Udifluvents typiques et aquiques".

Au contact de la bordure champenoise, de l'Ile-de-France et du Laonnois, au nord-est de Laon, existe une grande zone caractérisée par la présence d'un recouvrement sableux quaternaire appelé "sables de Sissonne". D'âge Pléistocène, ce dépôt semble être issu de remaniements locaux des sables de l'Eocène, par voie éolienne et par voie de ruissellement. L'épaisseur est toujours relativement faible, les niveaux crayeux apparaissant régulièrement en profondeur.

2.35. LES SOLS DE PICARDIE

Le paysage de la Picardie est caractérisé, comme nous l'avons vu plus haut, par des surfaces subhorizontales ou légèrement ondulées, des dômes très arrondis et des vallées plus ou moins incisées.

Une couche de loess recouvre la craie sénonienne soit directement, soit par l'intermédiaire de produits d'altération plus ou moins anciens, les argiles à silex, soit par celui de produits de remaniements liés aux climats périglaciaires. Les argiles à silex s'observent assez fréquemment et présentent des teneurs en fragments grossiers relativement importantes.

De nombreux produits d'érosion, ou "limons de lavages" se répartissent en bas de pentes. Certains sont assez purs, d'autres possèdent une charge en silex ou en fragments de craie, suivant le contexte.

COUPE SCHEMATIQUE D'UNE PENTE DE LA BORDURE CHAMPOENOISE

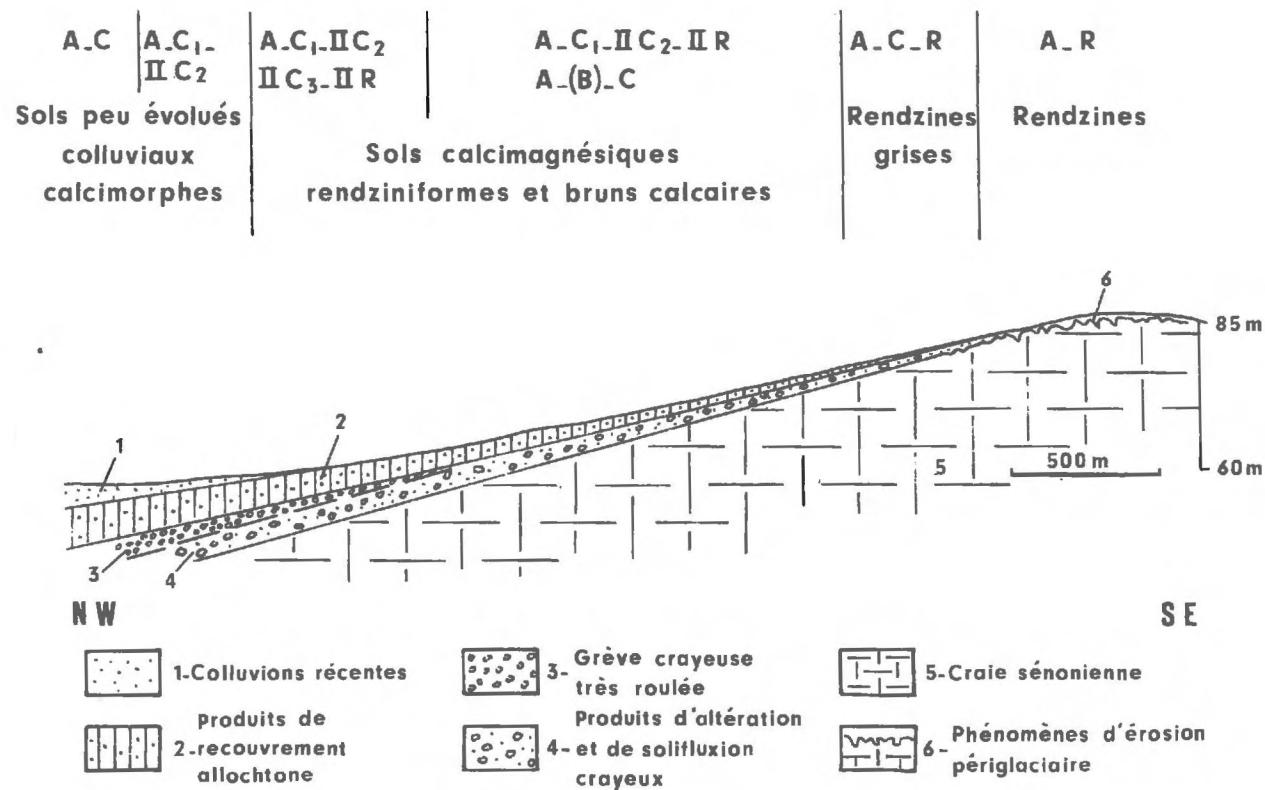


Fig. 15

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

La couverture loessique est souvent très importante dans cette région, et constituée par la superposition de plusieurs apports successifs. Le loess supérieur, le plus récent, est vraisemblablement contemporain de la dernière période würmienne.

Les sols sont développés essentiellement en *sols bruns lessivés typiques* : "Hapludalfs typiques ou aquiques, Agrudalfs typiques", le loess décarbonaté et l'"ergeron" calcaire apparaissant à profondeur variable. Ce dernier apparaît à moins de 1,20 m lorsque la position topographique le permet, par exemple sur pentes moyennes, ou aux ruptures de pentes assez douces ; quelquefois, mais beaucoup plus rarement, il apparaît en surface.

Les limons picards présentent toujours une saturation très élevée, le pH est compris entre 7 et 8 grâce à l'intervention généralisée des amendements. La densité apparente est assez constante (1,5/1,6), diminuant légèrement en profondeur, la porosité est toujours comprise entre 35 et 40 %, les réserves en eau y sont très importantes, 16 à 20 % d'eau utile, soit 250 à plus de 300 mm par mètre. La teneur en matière organique est voisine ou légèrement supérieure à 2 dans les horizons Ap, pour des rapports C/N de 9/10. La capacité d'échange de cette formation présente peu de variations sur tout le profil de sol et possède une valeur moyenne : 45 à 60 meq. pour la fraction argileuse.

Sur pentes légères, les sols sont un peu moins évolués et sont du type *sols bruns légèrement lessivés*, "Hapludalfs intergrades vers les Inceptisols".

Les phénomènes d'érosion sont très actifs dans la région, et de nombreux versants sont progressivement décapés de leurs couches superficielles qui vont enrichir les fonds de vallées et dépressions. Les sols présentent fréquemment, de ce fait, des phénomènes de troncature importants. Sur les pentes les plus marquées une érosion assez active permet l'apparition en surface, soit des formations à silex, soit des substrats crayeux sous-jacents.

Une unité très largement répartie dans le Laonnois, limite d'extension est des formations picardes, est constituée par la superposition d'un limon d'apport assez récent, soit par voie éolienne, soit par voie de ruissellement et d'un matériau plus ancien et plus sableux, portant des traces d'une évolution assez poussée.

Les formations de Picardie sont caractérisées par deux profils typiques : Soyacourt et Le Hamel qui sont présentés en annexe.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Lorsque les *argiles à silex* affleurent, les sols développés au sein de ces matériaux sont du type *sol brun*, "Eutrochrepts dystriques". La variation texturale enregistrée en fonction de la profondeur, dans ces dépôts, semble donc pratiquement due à une hétérogénéité du matériau originel. Cependant, une influence limoneuse dans les couches superficielles est très souvent liée à l'apparition de phénomènes d'illuviation peu accentués.

Les produits de solifluxion ou *limons hétérogènes* possèdent une charge variable en fragments de craie. Suivant l'importance de cette charge et de la teneur en CaCO₃, ces sols sont des *sols bruns calcaires, calciques*, parfois des *sols bruns très légèrement lessivés*, "Eutrochrepts typiques, rendolliques, dystriques".

Sur les pentes les plus fortes où la majorité de la couverture a été érodée, nous sommes en présence de *sols d'érosion calcaires*, du type *rendzines*, "Rendolls, Eutrochrepts rendolliques".

Les *colluvions et alluvions* observées dans les petits vallons secs, les dépressions et les vallées principales sont constituées par des formations limoneuses généralement faiblement développées, *sols peu évolués d'apport*, "Haplaquents typiques ou aériques, Udifluvents typiques, aquiques".

La région Picardie présente également, répartis dans le paysage, quelques lambeaux d'Eocène inférieur, le plus souvent de texture sableuse ou sablo-argileuse, souvent remaniés par l'érosion, au sein desquels des développements très variés peuvent être observés, allant du *sol eutrophe* sur formation argileuse au *podzol-lano-ferrique* sur dépôts sableux.

L'économie en eau est particulière aux pays crayeux : les limes profonds ont un régime hydrique favorable, les sols superficiels sont assez secs du fait d'un drainage externe le plus souvent assez rapide et de la faible quantité d'eau utile retenue. L'argile à silex peut localement, sur pentes très faibles, entraver quelque peu le drainage.

En ce qui concerne l'hydrologie proprement dite, la craie fissurée laisse passer l'eau très aisément jusqu'au niveau de sources résurgentes (sommes) au contact de formations plus imperméables.

Le réseau hydrographique observé actuellement est en fait constitué par la surimposition du réseau tertiaire à la craie sous-jacente au fur et à mesure de son déblaiement par les phénomènes d'érosion.

Extrait de la carte des sols Sochain 5.6.

L'extension du manteau limoneux en région picarde ressort bien à l'examen de la carte présentée. Les sols peu érodés sont présents sur les dômes et interfluves les plus larges, tandis que les sols à profils fortement décapés, pour lesquels l'"orgeron" apparaît dans le profil, sont localisés sur versants, aux ruptures de pentes.

Des lambeaux argilo-sableux de l'Eocène, répartis à la surface de la craie, affleurent par endroits et portent des sols bruns et sols bruns faiblement lessivés.

Trois unités principales de sols calcimagnésiques se dissocient, en fonction de la profondeur d'apparition du substrat crayeux.

Les dépressions colluviales, assez larges, sont sèches, tandis que les fonds alluviaux offrent des zones franchement humides, avec présence locale de sols hydromorphes organiques.

COUPE SCHEMATIQUE D'UN VERSANT PICARD

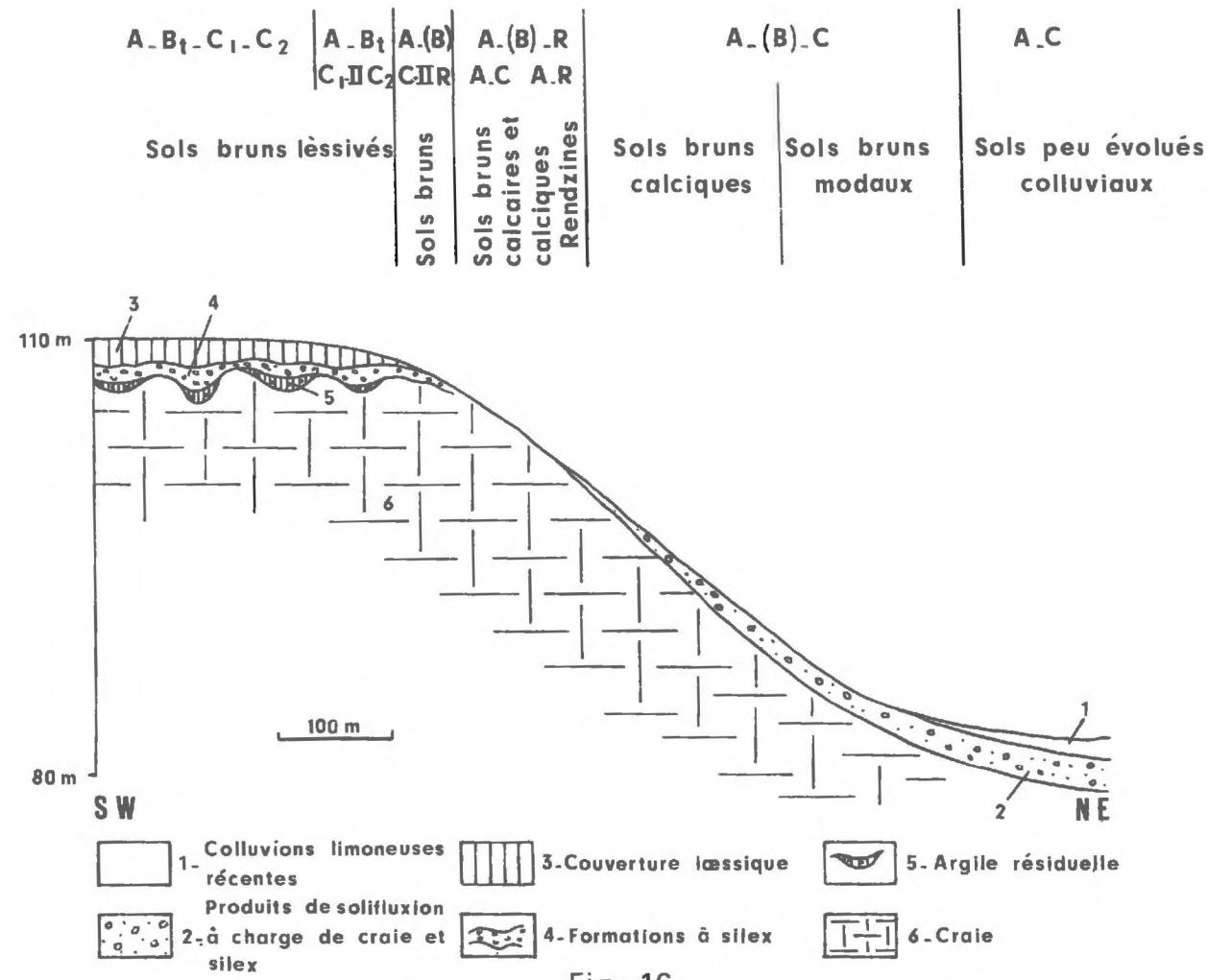


Fig. 16

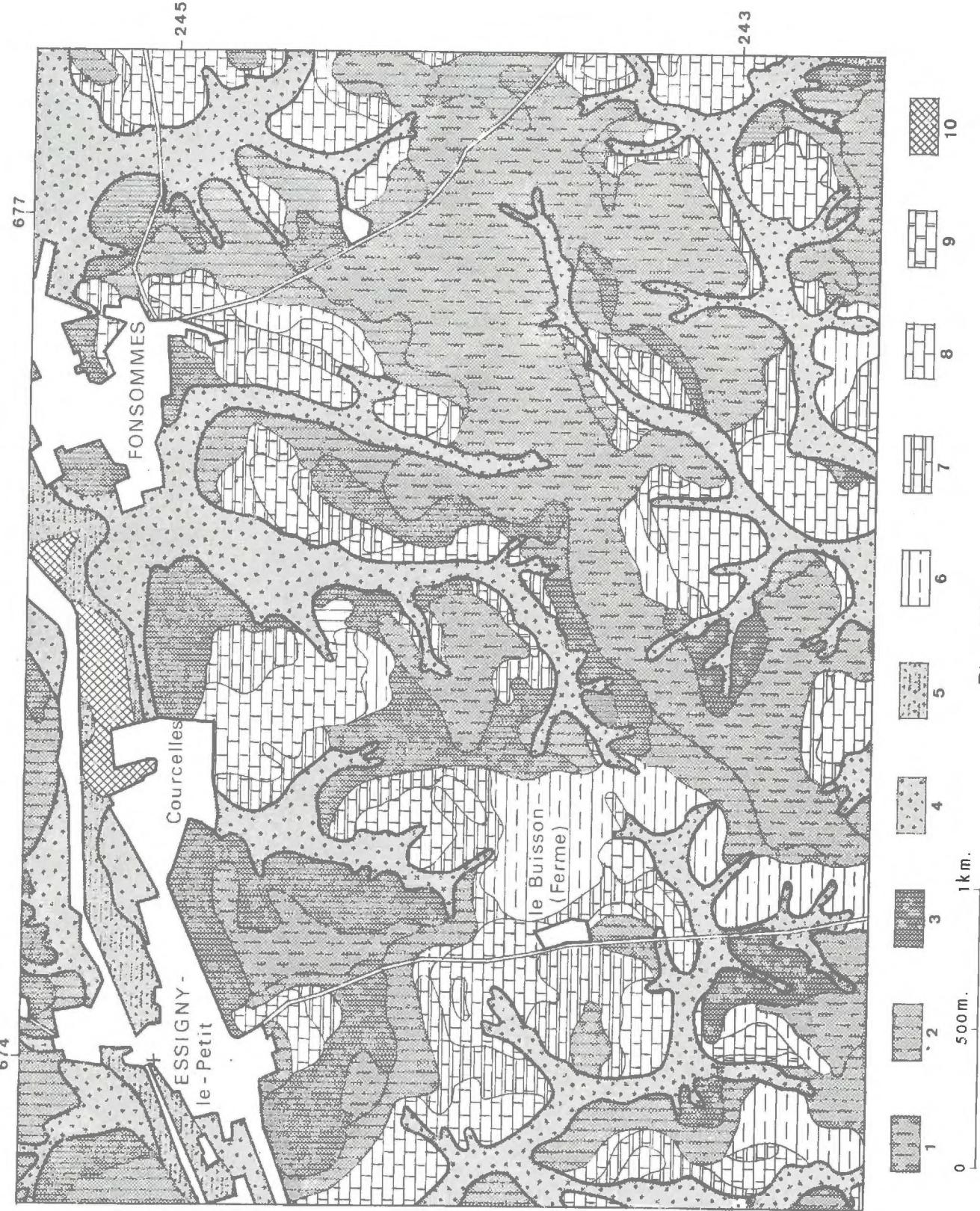


Fig. 17

Légende.

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols bruns lessivés, limoneux, un peu érodés.
2. Sols bruns lessivés, limoneux, modérément érodés.
3. Sols bruns lessivés, limoneux, fortement érodés.
4. Sols peu évolués d'apport, limoneux.
5. Sols peu évolués d'apport, limoneux, à pseudogley.

Sols sur autres matériaux

6. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, argileux à sablo-argileux, localement à pseudogley.
7. Sol calcimagnésiques : sols bruns calcaires et calciques sur substrat crayeux.
8. Sol calcimagnésiques : rendzines et sols bruns calcaires sur substrat crayeux.
9. Rendzines et sols d'érosion sur craie.
10. Sol hydromorphes organiques.

Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Picardie.

Les sols limoneux profonds de Picardie sont parmi les meilleurs sols du Nord de la France, leur profil cultural est excellent : structure stable, saturation importante, réserve en eau très élevée. Cependant une caractéristique essentielle de l'évolution actuelle des superficies limoneuses est l'intense activité de l'érosion que l'on y observe sur les pentes. La mise en culture intensive et la mauvaise orientation très fréquente des labours provoquent un décapage accentué des couches superficielles. Nombreux sont les versants où d'année en année apparaissent de plus en plus nettement et de plus en plus haut sur les pentes les formations crayeuses très superficielles.

Cette région est le domaine de la "terre à brique" largement décrite par A. Demolon, G. Joret et tout particulièrement H. Malterre (1946). Même lorsque cet horizon limono-argileux n'affleure pas en tant que tel, l'action des pratiques culturales intègre le plus souvent une teneur en argile importante dans l'horizon Ap.

Des caractères essentiels des sols de Picardie sont constitués par la présence fréquente d'un loess peu évolué en profondeur, et les phénomènes de recarbonatation qu'on peut y observer, soit au sein du loess lui-même, soit au niveau d'un limon plus ancien sous-jacent.

Les problèmes de la décarbonatation et de la "lehmification" s'y posent clairement, et nous tenterons dans un chapitre ultérieur d'analyser les processus d'altération intervenant dans le matériau original, indépendamment de la pédogenèse proprement dite.

Les caractères d'illuviation sont très évidents dans la majorité de ces sols qui constituent pour la plupart des sols bruns lessivés très typiques. Cependant, dans certaines positions géomorphologiques, les facteurs de la genèse n'ont pu agir avec autant d'intensité et nous pourrons être en présence localement de sols nettement moins évolués : sols bruns faiblement lessivés, sols bruns calciques, calcaires quelquefois.

2.36. LES SOLS DU SOISSONNAIS

Les matériaux originaux au sein desquels les sols du Soissonnais se sont développés sont très variés.

Les formations tertiaires sont principalement représentées par des sables, des argiles et des calcaires ; les dépôts quaternaires sont constitués soit par la couverture loessique, soit par des produits hétérogènes de solifluxion et de remaniements anciens ; les dépôts holocènes sont représentés par les colluvions et alluvions récentes, de granulométrie variable.

Nous pouvons distinguer des limons homogènes qui forment la couverture loessique des plateaux et des limons hétérogènes constitués par des produits de solifluxion contenant souvent une charge assez importante en éléments grossiers.

Les sols du Valois et l'Ornois, très analogues, sont également traités dans ce paragraphe, ainsi que ceux de la bordure nord du Tardenois.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

La granulométrie de la couverture loessique du Soissonnais présente une certaine variation dans la teneur en sables. Certains dépôts sont très purs, d'autres peuvent avoir été influencés par les sables des nombreuses formations tertiaires avoisinantes. La texture en est donc limoneuse à limono-sableuse localement.

Le développement le plus fréquemment observé, dans un relief normal, est celui de *sol brun lessivé* ou de *sol lessivé*, "Hapludalfs typiques", "aquiques", très localement.

Etant donné l'ancienneté et l'intensité de la mise en culture, des profils non érodés ne peuvent s'observer que sous-forêt, les sols cultivés ayant pratiquement tous subi l'action d'une érosion anthropique importante. L'horizon d'accumulation d'argile apparaît de ce fait très souvent en surface, influençant fortement la couche arable, nous sommes alors en présence des "terres rouges" du Soissonnais. Il n'est pas rare d'observer, dans les sols les plus tronqués, l'apparition à profondeur moyenne du loess décarbonaté ou même du loess calcarifère.

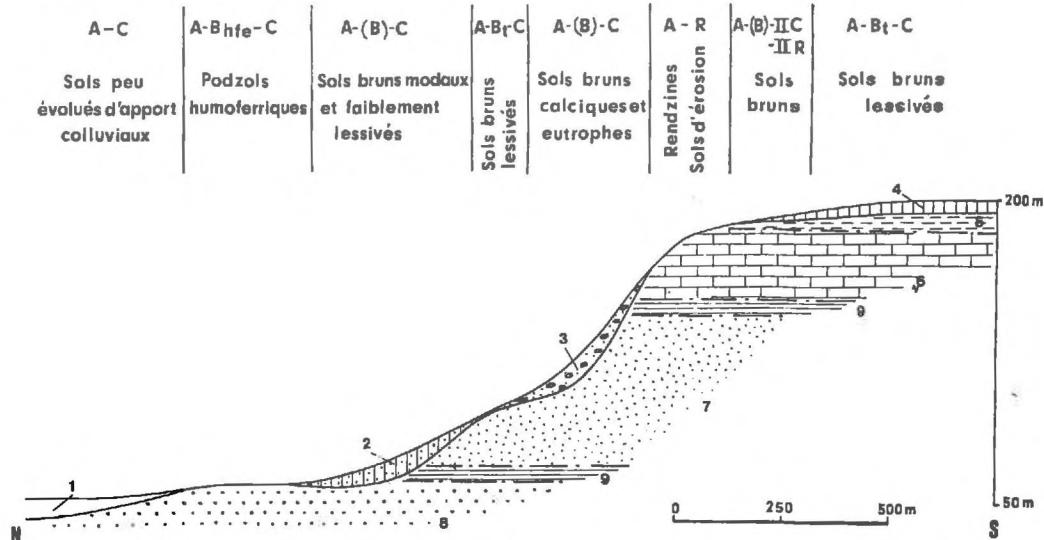
La mise en culture très ancienne a fortement marqué l'horizon Bt qui, indépendamment d'une activité biologique très importante, porte la trace de déplacements colloïdaux très riches en matière organique. Ces sols, à horizon Bt "anthropique", correspondent aux "Agrudalfs" de la classification américaine.

Une décarbonatation des couches superficielles provoque fréquemment l'apparition en profondeur de niveaux d'accumulation de carbonates secondaires, avec formations d'horizons d'enrichissement calcaire (Cca).

La capacité d'échange de l'argile est moyenne ; sous culture ces sols sont toujours fortement saturés, mais l'influence anthropique a profondément modifié les conditions originelles de ces sols. La structure est généralement assez stable, la densité apparente est de l'ordre de 1,6, la porosité totale de 35 à 40 % dans les horizons B, les réserves en eau sont importantes : 250 mm par mètre en moyenne.

On notera cependant certains secteurs où le limon de couverture, très mince, a été mélangé à un limon nettement plus ancien sous-jacent, et constituant un sol vieux très développé et hydromorphe. Les sols

COUPE SCHEMATIQUE DE LA FALAISE D'ILE-DE-FRANCE - VERSANT NORD



COUPE SCHEMATIQUE D'UN REVERS SUD

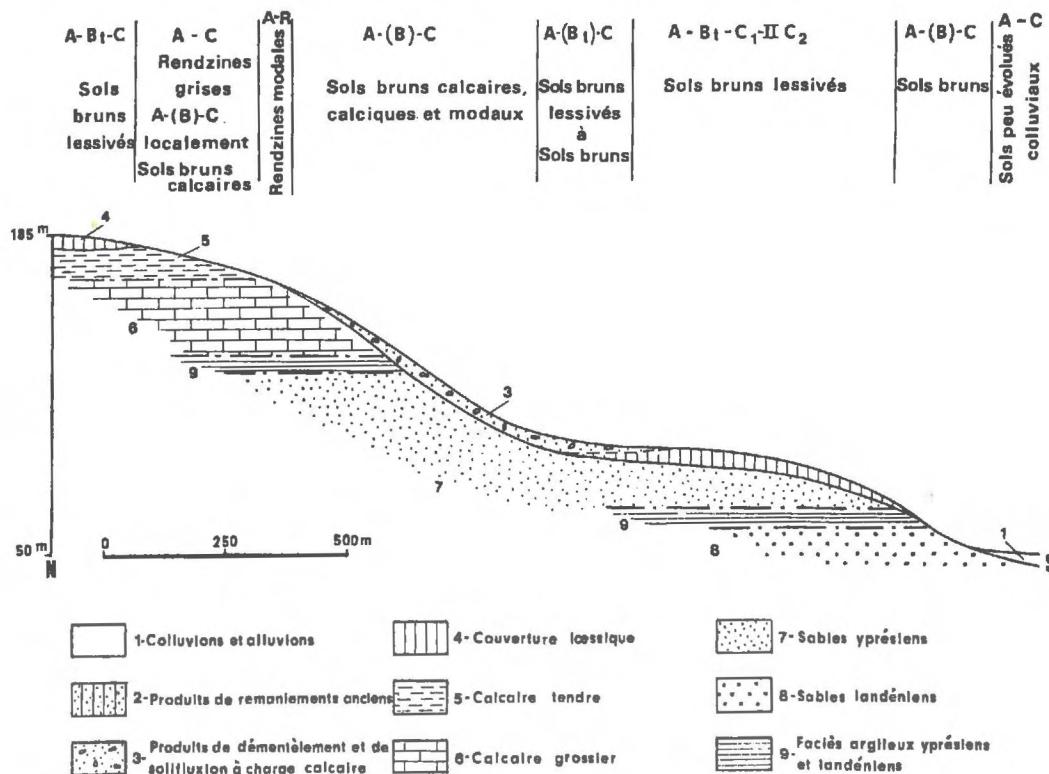


Fig. 18

observés dans ces situations ont atteint un degré d'évolution très important présentant quelquefois, sous végétation naturelle, une tendance très nette à la podzolisation superficielle ; leur drainagé naturel est généralement très défavorable.

Les sols de l'Orxois, situés plus au sud, présentent des caractéristiques très analogues aux formations typiques du Soissonnais. A drainagé généralement favorable, ils sont développés en *sols bruns lessivés*.

Les développements observés dans les produits de solifluxion hétérogènes à matrice limoneuse, et située sur pente, sont évidemment moins importants, il s'agit d'une manière générale de *sols bruns faiblement lessivés*.

Nous avons choisi six *profils* typiques du Soissonnais. Cinq d'entre eux : Craonne 16, La Fère 2, Craonne 6, Craonne 47 et Laon 1, sont caractéristiques de la couverture récente, le dernier : La Fère 6, représente l'influence très nette de matériaux anciens sur le développement actuellement observé en surface. Les trois premiers sont présentés en annexe.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les limons hétérogènes présentent généralement un développement peu avancé, *sol brun à sol brun faiblement lessivé*. La teneur en calcaire et la présence fréquente d'un substrat à profondeur peu importante ont généralement contribué à entraver l'évolution ; nous sommes donc en présence d'"Eutrochrepts dystriques" ainsi que de "Hapludalfs" à argillique peu différencié.

Les matériaux calcaires du lutétien sont à l'origine de sols calcimagnésiques assez variés. Notons tout d'abord que dans la majorité des cas, le substrat calcaire est enfoui sous des produits allochtones ou colluvionnés, lorsqu'il n'est pas recouvert par une épaisseur plus ou moins importante de limon homogène.

là où les conditions topographiques ont permis l'affleurement de matériaux calcaires soumis aux agents de la gêne, des sols du type *rendzines* se sont en général développés, *rendzines noires forestières* ou *rendzines grises*, "Rendolls" ou "Eutrochrepte rendolliques".

Dans certaines conditions de relief, nous observons des sols plus évolués, brunifiés, du type *rendzines* ou *sols bruns calcaires* développés dans des argiles de dissolution très lourdes et très bien structurées, "Hapludolls typiques". Leur porosité est très importante, la teneur en eau utile est bonne, la faible profondeur constituant cependant toujours un facteur limitant du point de vue agricole.

La presque totalité des sols développés dans des *argiles sablonneuses* ou *argiles* et situés sur plateaux et pentes, sont des *sols bruns* ou *sols bruns calcaires*, "Eutrochrepts dystriques ou typiques", caractérisés par un développement structural. Une partie d'entre eux, situés sur pente forte, peuvent constituer des *régosols* ou des *sols peu évolués d'érosion*, "Uderthents lithiques" ; quelques niveaux du Lutétien supérieur sont dans ce cas.

Certains sols bruns développés dans des argiles sparnaciennes possèdent un développement structural particulier, caractérisé par une structure du type prismatique grossière dont les faces structurales présentent un aspect conchoïdal, chaque agrégat constituant une fraction de faisceau tronqué aux deux extrémités et de section polygonale irrégulièrre.

De nombreuses patines ("slickensides") s'observent sur les faces structurales, principalement verticales, qui constituent donc des faces de glissement. Nous serions là en transition vers des formations appartenant à l'ordre des "Verticols".

Les alluvions modernes de l'Aisne, de granulométrie argilo-sableuse, représentent des sols peu évolués d'apport, "Haplaquents typiques", "Udifluents typiques ou aquiques".

Les sols développés dans les matériaux sableux présentent un degré d'évolution très variable. Il y a lieu de faire une distinction entre les sables de Cuise, les sables du Landénion et les sables du Bartonien.

Les sables yprésiens qui forment le soutien du calcaire lutétien n'afflurent que sur des pentes très fortes ou sur des replats en pleine pente, ils sont en fait le plus fréquemment recouverts par des produits de remaniement et d'épandage sur pentes constituées par le démantèlement des assises supérieures.

On constate tout d'abord sur certaines pentes convexes la présence de sols bruts d'érosion : "Udipsammements typiques" relativement rares cependant. Les sols sur pentes et piémonts sont donc pour la majorité des sols bruns, plus ou moins calcaires suivant leur teneur en CaCO_3 fournie par les débris des étages lutétiens, "Eutrochrepts typiques ou dystriques". Au niveau des replats, on observe la présence de sols lessivés typiques, présentant un horizon d'accumulation en bandes, "Hapludalfs psammentiques".

Les sables landénion, situés dans des positions topographiques moins accentuées, sont beaucoup plus évolués et présentent un développement de podzol humoferrrique, ces podzols possèdent un A_2 très important qui serait caractéristique d'un développement sous climat atlantique, "Haplorthods entiques, typiques, aquiques" (F. de Coninck - 1968).

Les teneurs en matière organique sont très élevées en surface : 15 à 25 % avec des C/N de 14 à 26. Notons que les horizons d'accumulation de ces podzols peuvent quelquefois s'indurer légèrement et prendre un aspect aliotique. On peut localement remarquer la présence de "Thin iron pan". L'horizon d'accumulation d'humus contient en moyenne de 1,5 à 2,5 % de matière organique ; l'indice d'entraînement du fer est très important.

Une mise en culture ancienne, avec façons culturales profondes et apport de matériaux organiques, a provoqué l'apparition en d'assez nombreuses zones, de sols du type post-podzol (R. Tavernier et J. Amerijckx - 1957) avec un Ap très important et un horizon B humoferrrique en partie démantelé.

Ces podzols sont fréquemment recouverts par des dépôts sableux plus récents dont l'origine est supposée due à des remaniements éoliens ou de ruissellement, et où un développement de sol podzolique peut actuellement s'observer.

Les sables bartoniens d'extension assez réduite en Soissonnais, mais beaucoup plus large en Tardenois, sont développés en podzol humoferrrique, "Haplorthod typique". On note également la présence de podzols hydromorphes assez peu différenciés qui seraient à classer comme "Aquods".

De nombreuses formations d'apport de texture sableuse tapisSENT d'autre part les parties basses du relief. Leur composition granulométrique et leur développement sont essentiellement variables selon leurs conditions de dépôt et leur âge, quelquefois ancien : sols lessivés, localement à tendance podzolique, sols bruns oligotrophes, sols peu évolués. On y relève donc la présence d'Hapludalfs psammentiques, glossaquiques, aquiques", d'Haplumbrept quartzipsammentiques ou orthopsammentique", de "Quartzipsamments typiques, aquiques, spodiques", d'Udipsammements typiques".

Les matériaux sablo-argileux sont typiquement issus de remaniements et d'apports divers, leur degré de développement peu atteindre par endroits le stade de *sol brin lessivé*, "Hapludalf typique". La majorité d'entre eux sont des *sols bruns* et des *sols bruns calcaires*, "Eutrochrepts dystriques ou typiques". Des *sols peu évolutifs* sont liés à la présence des alluvions graveleuses de l'Aisne : "grèves" plus ou moins calcarifères, "Udifulvents typiques ou aquiques".

En ce qui concerne l'économie en eau, le relief différentiel du bassin intervient d'une manière prépondérante.

L'influence de la topographie se fait particulièrement sentir dans les paysages à relief fortement marqué, sur pentes forte et aux ruptures de pentes situées aux abords des falaises tortueuses de calcaire grossier qui surplombent les dépressions de Laon et des principales vallées. Le ruissellement des eaux de pluie y est variable suivant la perméabilité du substrat, le drainage externe y est en général moyen à rapide.

Sur les reliefs normaux faiblement ondulés des plateaux et des larges lignes de crêtes, le ruissellement superficiel est faible, le drainage externe moyen, et dans les zones à substrat peu perméable, ces drainages peuvent être lents à très lents et même stagnants.

Les reliefs subnormaux et concaves des vallées et dépressions importantes ne permettent plus aux eaux de ruissellement de s'évacuer de manière favorable, les drainages externes y sont donc généralement lents à très lents, stagnants localement.

La nappe phréatique de base des vallées très mal drainées de l'Ailette et de la Béthune ainsi que de l'Aisne est située au niveau des argiles lourdes du Sparnacien. Cette nappe aquifère importante et à caractère permanent constitue le niveau hydrologique de ces bassins.

Des nappes aquifères temporaires caractérisent, comme nous l'avons vu plus haut, les faciès supérieurs, régressifs, continentaux ou lagunaires de tous les étages de l'Eocène inférieur : argile à lignites pour le Lendénien, argile de Laon pour l'Yprésien, argile de Saint-Gobain pour le Lutétien. Elles font localement sentir leurs effets sur les plateaux, suspendues au niveau de substrats géologiques imperméables faisant le plus souvent partie des faciès supérieurs du Lutétien. Les points hauts des deux premiers plateaux montrent notamment de nombreuses plages d'hydromorphie au sein des limons de couverture, provoquées par la présence de lentilles argileuses en profondeur.

Une ligne de sources assez constante marque le niveau de l'argile de Laon, situé à la partie supérieure de l'Yprésien et constitue un bel exemple de localisation de l'habitat, de nombreux villages étant accrochés en pente au contact Lutétien-Yprésien. Des nappes perchées sont d'autre part à l'origine des zones humides et tourbeuses présentes sur les pentes.

Une seconde ligne de sources à débit moins marqué mais plus constant s'observe à une altitude inférieure, au niveau du substrat argileux du Sparnacien, provoquant également l'engorgement de petites plages bien localisées dans le paysage.

Il faut noter l'économie hydrique particulière de certains sols graveleux et fortement calcarifères des alluvions de l'Aisne qui, présentant des caractères d'hydromorphie peu marqués, sont cependant périodiquement inondables.

Pour illustrer la répartition des sols, nous présentons ci-dessous deux esquisses cartographiques correspondant respectivement à la bordure nord de la région et à sa partie centrale.

Extrait de la carte des sols La Fère 7.8.

Le document représente un secteur de l'importante forêt de Saint-Gobain située sur une avancée des formations de l'Île-de-France. Deux particularités apparaissent immédiatement, d'une part la présence sur d'assez grandes superficies de matériaux limono-sableux, d'autre part la faible proportion de sols limoneux érodés.

Les matériaux locaux ont en effet été fortement influencés par les nombreux faciès sableux des assises de l'Eocène supérieur, particulièrement lorsque leur épaisseur est peu importante, tandis qu'une colonisation forestière très ancienne n'a pas permis aux phénomènes d'érosion de décaper les horizons supérieurs des sols localisés sur la surface du plateau.

Nous n'avons pas dissocié, sur cette carte, les sols à pseudogley que l'on trouve répartis en association avec ceux à drainage favorable. L'hydromorphie y est essentiellement due à la présence à faible profondeur de substrats très argileux de l'Eocène.

Légende.

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols lessivés et lessivés à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés, érodés.
3. Sols bruns lessivés et lessivés, limono-sableux.
4. Sols peu évolués d'apport.

Sols sur autres matériaux

5. Sols d'apport, limono-sableux.
6. Sols bruns lessivés et sols bruns à pseudogley, limono-argileux, à substrat argileux.
7. Sols argileux hydromorphes.
8. Sols bruns calciques et eutrophes, sableux ou sablo-argileux, de pente.
9. Sols calcimagnésiques, argileux, à substrat calcaire.
10. Sols calcimagnésiques, limono-sableux, à substrat calcaire.
11. Sols podzoliques et podzols, sableux ou sablo-limoneux.
12. Sols hydromorphes organiques.

Extrait de la carte des sols Craonne 5.6.

Nous sommes en plein centre des plateaux du Soissonnais ; une couverture épaisse de limon très pur recouvre la surface structurale du calcaire grossier du Lutétien. L'érosion est intervenue très progressivement et, pour mettre en évidence ce phénomène, nous avons été amenés à représenter deux phases d'érosion successives.

Tous les sols limoneux sont ici favorablement drainés.



Fig. 19.

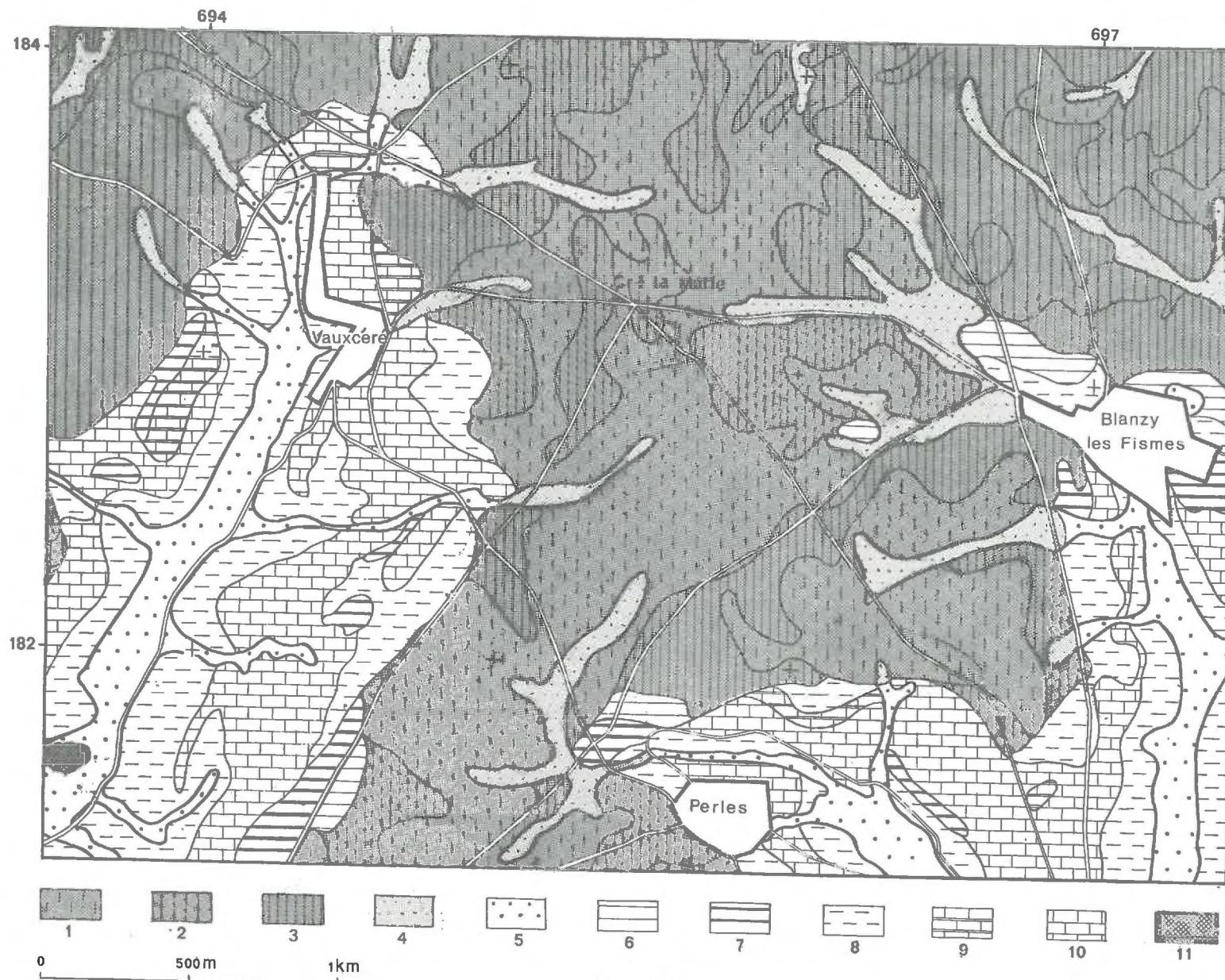


Fig. 20

Légende

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols bruns lessivés et lessivés, faiblement érodés.
2. Sols bruns lessivés et lessivés, modérément érodés.
3. Sols bruns lessivés et lessivés, tronqués.
4. Sols peu évolués d'apport, colluviaux.

Sols sur autres matériaux

5. Sols d'apport, limono-sableux et sablo-argileux.
6. Sols bruns lessivés, à substrat argileux.
7. Sols bruns eutrophes, argileux.
8. Sols bruns argilo-sableux et sablo-argileux de pente.
9. Sols calcimagnésiques, argileux, à substrat calcaire.
10. Sols calcimagnésiques, calcaro-sableux, à substrat calcaire.
11. Sols hydromorphes organiques.

Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux du Soissonnais.

Par rapport aux autres sols limoneux de la région étudiée, ceux du Soissonnais possèdent une teneur en sable généralement plus importante. Cette teneur est variable selon les secteurs et les différents dépôts ; la variation peut parfois être très progressive au sein d'une même couverture.

Ce caractère semble avoir influencé quelque peu la rapidité d'évolution des sols qui paraissent plus développés que les sols picards situés sur des matériaux vraisemblablement contemporains mais plus purement limoneux. On observe en effet une désaturation et acidification plus rapides, ainsi qu'une tendance à la perte de porosité et à l'apparition de conditions d'engorgement temporaires dans le solum. Quelques symptômes de dégradation initiale peuvent apparaître dans des sols forestiers désaturés.

On retrouve d'autre part dans les sols du Soissonnais les caractères généraux de la couverture de loess récent, comme par exemple les phénomènes de recarbonatation des niveaux enfouis en profondeur ; cet aspect sera développé en troisième partie.

2.37. LES SOLS DE HAUTE-BRIE

La caractéristique principale des sols de la Haute-Brie est l'importance prise par les formations limoneuses : couverture homogène sur les plateaux, influence marquée sur la majorité des sols de pentes et des alluvions et colluvions. La plus grande partie des sols observés se sont donc développés dans les limons de couverture et dans des produits de solifluxion hétérogènes où des éléments des différents substrats tertiaires ont été mélangés au limon.

D'autre part, des sols ont pu se développer sur pentes dans des matériaux tertiaires, sables de l'Yprésien, calcaires assez siliceux du Lutétien, sables et formations calcaires du Bartonien, argiles du Sannoisien, très localement sables stampiens remaniés.

Les sols de la partie méridionale du Tardenois, situés sur substrat oligocène, sont très analogues à ceux que nous décrivons ci-après.

SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Les limons des plateaux de Haute-Brie présentent un développement pédogénétique très avancé par rapport aux autres matériaux limoneux de la région étudiée. Les sols y sont fortement lessivés et portent la marque d'une dégradation importante. Une véritable "dissolution" de la partie supérieure de l'horizon Et provoque l'apparition de poches et langues de matériaux très lessivés, faciès qui correspond au "tonguing" des auteurs anglo-saxons. L'horizon A & B ainsi formé est lié à l'approfondissement progressif de l'horizon A₂ éluvié, et est en relation avec une illuviation dite "secondaire" en milieu hydromorphe temporaire (Janagne - 1964; Hébert et Janagne - 1964).

On peut localement constater, sous une couverture très acide-fante, l'apparition de certains phénomènes de podzolisation dans la partie supérieure de l'horizon lessivé. Le type d'humus est alors un moder, quelquefois un mor dans les cas les plus accentués, où une couche d'humification H est présente.

Cette évolution importante est liée à la formation en profondeur d'un horizon très compact, du type "fragipan", et ceci relativement indépendamment de l'accumulation d'argile. Cet horizon se surimpose au développement du solum très souvent au niveau de l'horizon B₃, parfois dès la base du B₂ et fréquemment jusque dans le C.

Un maximum de développement de l'horizon compact semble lié, dans la région étudiée, à des zones présentant un relief subnormal, en relation avec des conditions très alternatives d'économie en eau. Sur pente douce, et dès que le relief caractérise un drainage externe légèrement plus marqué, les sols semblent un peu moins évolués et le degré de différenciation de l'horizon fragipan paraît suivre assez étroitement les différents états d'évolution de l'ensemble du solum. Les caractéristiques morphologiques et analytiques de l'horizon compact varient donc le plus souvent dans le même sens que le profil du sol.

Les aspects morphologiques les plus typiques de l'horizon compact en sont la structure prismatique très grossière à sous-structure lamellaires ou polyédrique, ainsi que la consistance qui varie considérablement en fonction de l'humidité du sol.

L'indice d'entraînement d'argile de ces sols est très proche ou supérieur à 2, l'indice du fer libre pouvant être plus élevé.

La saturation du complexe est faible en surface et augmente progressivement en fonction de la profondeur ; le pH est généralement inférieur à 5 dans les horizons de surface sous forêt, celui des horizons profonds variant de 5 à 6.

La teneur en matière organique des horizons humifères sous végétation naturelle est le plus souvent comprise entre 5 et 8 %, le rapport C/N est fréquemment assez élevé, compris entre 11 et 17.

La capacité d'échange cationique de la fraction argileuse varie entre 20 et 40 meq. dans les horizons dégradés, à des valeurs de l'ordre de 40/50 meq. dans les horizons inférieurs.

La densité apparente varie très fortement suivant les horizons génétiques ; comprise entre 1,3 et 1,6 dans la partie supérieure du solum, elle passe par un maximum de 1,7 à 1,9 au niveau du fragipan, puis rédiminue légèrement en profondeur. Lié à cette variation, la porosité totale montre un minimum marqué dans l'horizon compact ; une entrave importante à la percolation intervient à ce niveau et y crée une zone d'engorgement. Une nappe aquifère à caractère essentiellement temporaire y apparaît, provoquant un drainage typiquement alternatif.

Ces terres sont donc pour la plupart imparfaitement ou mal drainées.

Ces sols en raison du lessivage intense, présentent en surface un rapport limon-argile élevé prédisposant aux phénomènes d'érosion du type "battance". Cette susceptibilité à l'érosion se manifeste dès qu'une pente légère intervient, l'eau s'écoule en entraînant les matériaux légers de surface dans les petits talwegs des plateaux. Lorsque la pente s'accentue, on assiste à un décapage important de l'horizon fluvial, qui peut aller jusqu'au niveau des horizons d'accumulation.

Ces formations très évoluées constituent des *sols fortement lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley*. Cependant, certains d'entre eux doivent être rattachés, de par leur économie hydrique, aux *sols hydromorphes lessivés*. Ils sont à classer comme "Fragiudalfs typiques, glossiques ou aquiques", "Fraglossudalfs aquiques", "Fragiaqualfs ou Glossaqualfs typiques", lorsque très humides.

Localement, en conditions d'hydromorphie importante, l'aspect glossique peut faire place à une transition plus brutale entre A₂ et Bt, conférant aux sols une morphologie s'approchant de celle des "plancsols", *sols lessivés planosoliques*, intergrades vers les "Albaqualfs".

En bordure de plateau les sols sont cependant moins évolués, ils sont du type *sols bruns lessivés et sols lessivis* : "Hapludalfs typiques, aquiques ou glossiques".

Il faut remarquer, sur les plateaux, l'extension assez importante de matériaux issus de remaniements et colluvionnements locaux et reposant sur sol enfoui, phénomènes liés à la très faible stabilité des "limons blancs" très appauvris.

Dans la partie sud du secteur une couverture de limon plus récent apparaît en superposition ; le développement observé y est alors du type *sols brun lessivé*.

Les alluvions et colluvions limoneuses ne sont caractérisées que par la présence d'un horizon A₁ plus ou moins développé, très peu d'"épipedons histiques" ont été observés. Ces formations constituent des sols peu évolués d'apport, "Haplaqueents typiques" ainsi que "Udifluvents typiques ou aquiques".

Les sols du Tardencis présentent beaucoup d'analogies avec ceux de la Haute-Brie. Cependant, la couverture de limon est parfois moins épaisse et subit l'influence de substrats argileux tertiaires situés en profondeur.

Ils constituent des *sols lessivés plus ou moins dégradés, à pseudogley* : "Hapludalfs typiques, aquiques ou glossiques".

Etant donné l'importance très grande prise par le stade d'évolution atteint par les sols de la Haute-Brie, nous avons pensé indispensable de présenter un nombre plus important de *profils* caractéristiques que pour les autres régions. Nous en examinerons huit dont trois immédiatement pour caractériser la région ; ces derniers, Montmirail 71, Meaux 44, Chateau-Thierry 25, sont présentés en annexe.

Les deux premiers constituent des *sols lessivés glossiques à pseudogley typique*, celui de Chateau-Thierry étant assez nettement à tendance planosolique.

SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les limons hétérogènes présentent une charge variable en éléments grossiers : fragments de moulière, de calcaire, de grès. Ce sont des produits de solifluxion qui reposent en profondeur sur les substrats tertiaires, fréquemment par l'intermédiaire d'un niveau de cailloutis ; le substrat sous-jacent est donc de ce fait très souvent indépendant, différent de la

charge présente dans les couches superficielles. Les arrêts à la sonde relevés en cartographie systématique sur fragments durs ne constituent donc pas nécessairement un obstacle infranchissable du point de vue biodynamique.

Suivant la topographie, la nature de la charge et la proximité d'un substrat, ces sols sont développés en *sols bruns oligotrophes à eutrophes*, ou *sols bruns lessivés*, "Dystrochrepts typiques ou aquiques, Eutrochrepts dystriques, typiques ou aquiques, ou Hapludalfs glossiques ou aquiques".

La valeur de ces sols dépend essentiellement de l'importance de la charge et de la réserve en eau définie par la profondeur utile.

Les *argiles limoneuses*, principalement constituées par les argiles à moulures sannoisiennes, sont développées en *sols bruns oligotrophes*, "Dystrochrepts typiques ou aquiques", tandis que les *argiles lourdes*, très souvent marnieuses, du Bartonien supérieur, localisent généralement des *sols bruns eutrophes*, "Eutrochrepts dystriques, typiques, localement ronduilliques" à structure très souvent instable.

Les *matériaux calcaires* présentent des sols à développement très variable selon leur nature et celle de leurs produits d'altération. Les marnes du Ludien et du Sannoisien inférieur sont développées en *sols bruns calcaires cu calciques*, "Eutrochrepts typiques ou rendolliques". Des caractères "vertigues" peuvent y être très fortement développés, nous sommes alors en présence de *sols bruns vertigues*, en transition donc vers l'ordre des "Verticols". Le travertin de Champigny présente, quant à lui, une argile de dissolution vraisemblablement assez ancienne excessivement lourde (70 à 90 % d'argile), mais très bien structurée et pratiquement toujours décarbonatée, un horizon B structural y est fort bien développé, ce sont des *sols bruns eutrophes*, "Eutrochrepts dystriques".

Le calcaire marnier de Saint-Ouen est lié à la présence de dépôts d'altération argilo-limoneux ou argileux lourds, souvent encore très calcarifères. Les sols observés sont du type *rendzines* ou *rendzines brunifiées*, "Rondolls ou Hapludolles typiques (M. Jamagne et al. - 1970).

La densité apparente de ces matériaux est généralement très basse, 1,1 à 1,3, la porosité totale atteignant des valeurs voisines de 50 %. La teneur en eau utile est assez élevée, entre 16 et 20 %, la réserve en eau étant cependant limitée par la profondeur. Très stables, ces sols lourds sont assez difficiles à travailler.

Le Lutétien, assez siliceux, s'altère en formations limono-sableuses ou sablo-argileuses très calcaires, on y observe des *rendzines* ou des *sols bruns calcaires* légèrement remaniés, "Rondolls et Eutrochrepts typiques et rendolliques". Les réserves en eau y sont assez faibles, le drainage quelquefois excessif.

Les *formations sablonneuses* sont en fait très peu représentées dans les couches superficielles, les assises de l'Yprésien et du Bartonien étant le plus souvent masquées par des produits d'épandage. Il faut cependant noter dans ces formations la présence de sols fossiles du type "Ultisols" pratiquement toujours tronqués au niveau du B₂t, et qui seraient des vestiges d'une ancienne surface ayant subi l'influence de climats chauds à tendance tropicale.

Les sables stampiens n'affleurent qu'en de très rares endroits, leur extension est très réduite. Leur influence sur les formations limoneuses de couverture est cependant très importante dans certains secteurs des hauts plateaux, où l'on observe des étendues assez larges de *limons sablonneux*.

COUPE SCHEMATIQUE D'UNE SEQUENCE PLATEAU-VERSANT DE LA HAUTE-BRIE-VALLEE DE LA MARNE

A-C	A-(B)-C ₁ -C ₂	A-C ₁ II C ₂	A-C A-R	A-(B)-C	A-C AB C	A-(B)-C	A-(B)-C	A-B _t -C	A-B _t -B _x -C
Sols peu évolués colluviaux	Sols bruns eutrophes	Sols peu évolués colluviaux	Rendines	Sols bruns calcaires et modaux	Rendines Sols bruns calcaires	Sols bruns modaux	Sols bruns mesotrophes et oligotrophes	Sols lessivés Sols lessivés à pseudogley	Sols lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley, localement à tendance podzolique. Sols hydromorphes lessives localement.

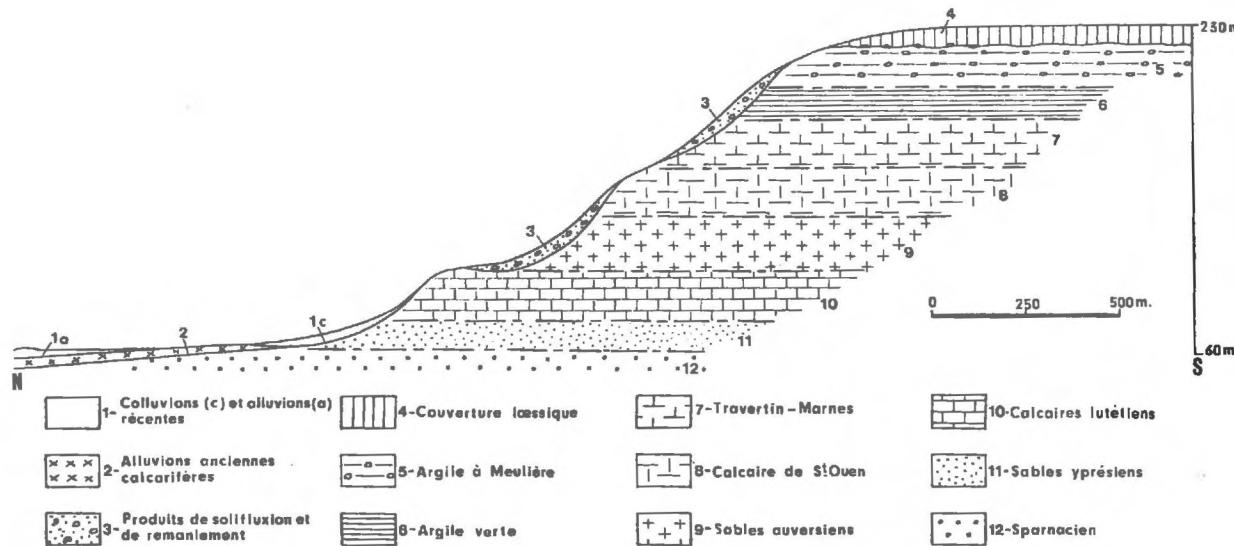


Fig. 21

Les sols observés y sont très développés, ce sont pour la plupart des *sols fortement lessivés à podzoliques*, assez faiblement drainés, "Fragiudalifs glossiques et aquiques", tendance vers des "Haplorthods entiques". La capacité d'échange et la saturation y sont particulièrement faibles : C. E. C. de 25 meq. pour 100 g d'argile et V de plus ou moins 15 %, les réserves en eau sont peu importantes, 8 à 12 % d'eau utile.

Les *formations alluviales très calcarifères* observées dans la vallée de la Marne sont soumises à l'influence d'une nappe liée directement au niveau de la rivière. Elles constituent donc des *sols alluviaux calcimorphes*. Inondables périodiquement, ces sols se rassènent cependant très vite et ont dès lors une économie en eau très favorable du fait de la teneur en calcaire fin, 20 à 30 %, et de leur excellentes structures.

L'économie en eau générale des sols de la Haute-Brie est très particulière.

Le niveau de base est constitué comme nous l'avons vu plus haut, par les formations lourdes du Spornacion. Cette nappe présente de grandes fluctuations mais se situe généralement en période estivale à un niveau assez bas, ce qui permet un régime favorable des sols répartis dans les parties basses du relief.

Les formations des plateaux sont influencées par des nappes temporaires soit primaires comme étant dues à des substrats lourds du Sanacion, soit secondaire lorsque dues à la présence de l'horizon fragipan. Le drainage de ces sols est donc typiquement alternatif.

Les nappes de suintements temporaires ou semi-permanents situées au niveau de dépôts très argileux du Bartonien s'observent également sur versants et sont à l'origine de lignes de sources bien localisées.

Extrait de la carte des sols Nœaux 7.0.

Le document présenté donne une bonne idée de la distribution des sols limoneux dans le paysage de la Haute-Brie.

Un manteau limoneux épais datant probablement, comme nous le verrons plus loin, de la base du cycle récent, couvre de façon très continue la surface d'érosion taillée au niveau des formations de l'Oligocène.

La grande instabilité des horizons de surface a provoqué une érosion importante, même sur pentes très faibles, qui se marque d'une part par l'extension des sols érodés, d'autre part par celle de vastes colluvions largement répartis sur le plateau même ainsi qu'en bordure de celui-ci et jusque dans les vallons.

Légende.

Sols sur matériaux limoneux.

1. Sols lessivés dégradés glossiques, à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley, faiblement érodés.
3. Sols lessivés dégradés, à pseudogley, tronqués.
4. Sols peu évolués d'apport, colluviaux.

Sols sur autres matériaux.

5. Sols d'apport, limono-argileux à argileux.
6. Sols bruns et bruns légèrement lessivés, limono-argileux, sur argiles à meulière.
7. Sols bruns à pseudogley, limono-argileux, à substrat calcaire.
8. Sols bruns eutrophes, argileux.
9. Sols bruns et sols bruns calcaires, limono-sableux et sablo-argileux de pente.
10. Sols calcimagnésiques, sur matériaux calcaires tertiaires.

Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Haute-Brie.

Ces sols, fortement évolués, présentent des caractères évidents d'illuviation, de dégradation et d'hydromorphie. Ils constituent le stade d'évolution le plus avancé qu'il nous a été donné d'observer sur matériaux limoneux.

Des phénomènes de podzolisation superficielle ne sont pas rares sous végétation acidifiante et en conditions très humides ; la caractérisation analytique de ce processus n'a cependant pu être mise que très difficilement en évidence.

Morphologiquement, l'aspect principal de ces sols est l'apparition des "langues" de matériau appauvri pénétrant l'horizon Et en voie de dégradation, ainsi que la présence de revêtements caractéristiques très déferrifiés dans le bas du solum. Des conditions très hydromorphes semblent localement vouloir estomper ce caractère en provoquant progressivement une transition plus nette entre l'A₂ et le Bt.

La présence au niveau B₃/C d'un horizon compact du type fragipan provoquant l'enfergement temporaire de la partie superficielle du sol est un autre caractère très typique de ces sols.

Un lessivage important est responsable du rapport limon/argile très élevé en surface, ce qui prédispose ces sols aux phénomènes de battement et d'érosion dès qu'ils ne sont plus sous végétation suffisamment dense.

Acides, désaturés, lorsque sous végétation naturelle, ils présentent toujours une diminution sensible de la C. E. C. de l'argile dans les horizons supérieurs. Nous verrons la signification de ce phénomène au cours de l'étude minéralogique détaillée que nous allons présenter plus loin.

Il convient de noter que ces sols fortement évolués présentent un certain nombre d'analogies avec les "Faiherde" étudiées par I. Lieberoth dans son travail de 1934. D'autre part, C. Plaisance (1934) a décrit des sols à pseudogley assez semblables dans son étude de la forêt de Chaux. En ce qui concerne la tendance "planosclique" de certaines unités, C. Nanil (1960) avait déjà signalé cette orientation probable des sols développés aux dépens de limons anciens.

Nous montrerons dans un chapitre prochain la place très caractéristique qu'occupent ces sols dégradés, classiques, dans l'évolution pédologique des matériaux limoneux.

*

* *

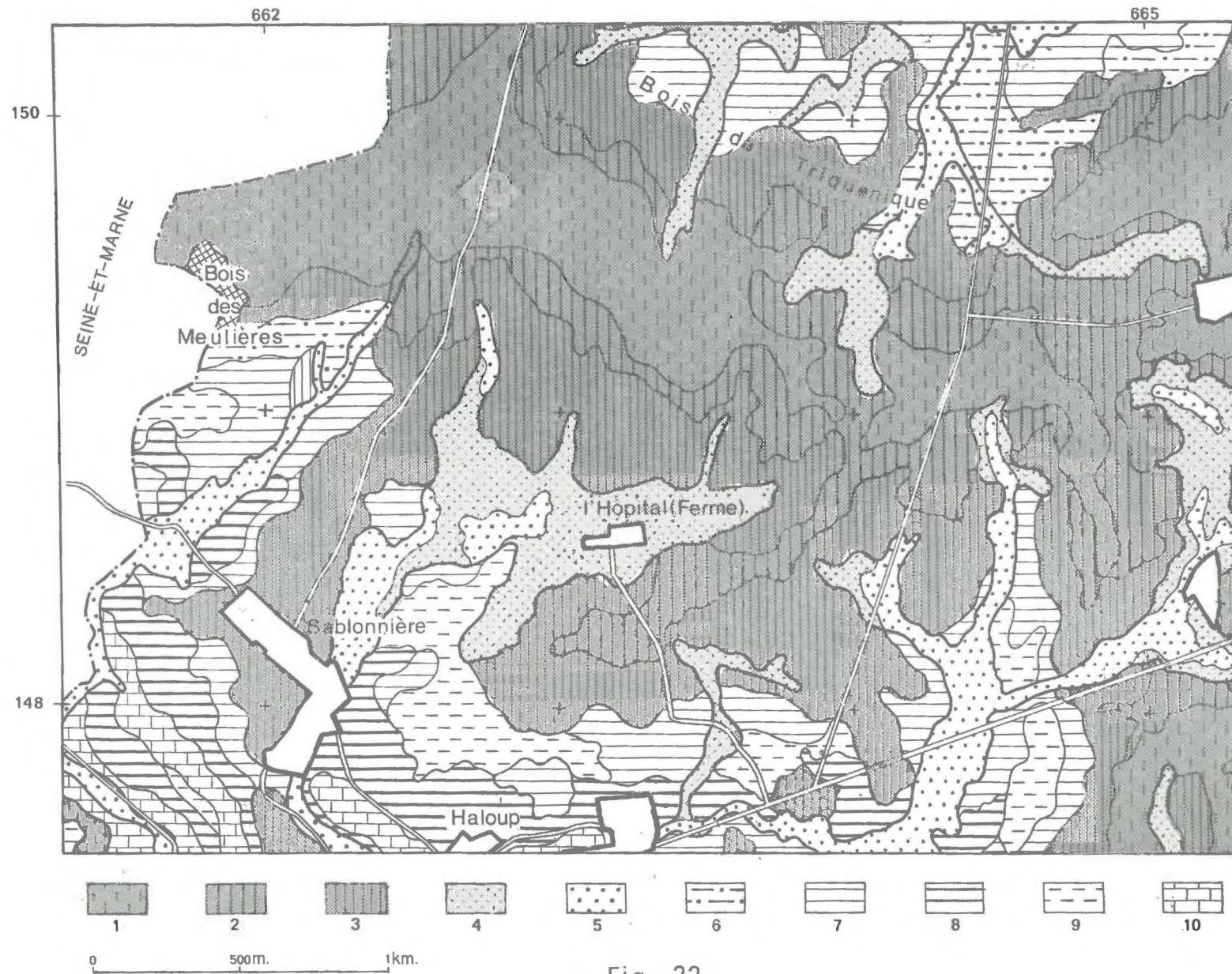


Fig. 22

2.4. DISCUSSION - CONCLUSIONS

La présentation pédologique du domaine d'étude que nous venons d'effectuer nous a permis d'en mettre en évidence les caractères essentiels ainsi que de préciser les facteurs de variation régionaux importants.

Cette analyse nous donne, dès maintenant, la possibilité de tirer quelques conclusions sur la genèse des sols limoneux et de déterminer les problèmes les plus importants et intéressants à résoudre.

Il apparaît tout d'abord immédiatement qu'une connaissance approfondie du matériau originel loessique et des mécanismes de son altération est indispensable.

Ensuite, l'étude de la nature des processus pédogénétiques qui interviennent dans le développement des sols limoneux, ainsi que celle de leurs enchaînements ou successions au cours d'une évolution progressive paraît s'imposer.

De ceci découlera une démarche de recherche pour la suite de notre travail.

PREMIERES CONCLUSIONS SUR LES SOLS DEVELOPPES SUR LOESS ET LIMONS LOESSIQUES.

De l'ensemble des données que nous venons de présenter dans cette partie, nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions sur l'évolution des sols développés sur matériaux limoneux dans le nord de la France.

Une première constatation qui s'impose immédiatement est la suivante : nous avons pu définir des degrés d'évolution, de développement des sols, qui paraissent fonction de différents critères :

- âge du matériau,
- conditions de mise en place,
- composition du sédiment,
- position géomorphologique,
- influence climatique régionale,
- colonisation végétale.

Certains sols sont vraisemblablement développés sur loess récents ; les régions intéressées sont, d'ouest en est : la Picardie, le Soissonnais et le Marlois.

Le développement de profil le plus fréquemment observé en Picardie est celui du sol brun lessivé, très caractéristique, avec apparition en profondeur successivement du loess décarbonaté et de l'érigeron calcaire. Aux ruptures de pentes assez douces, cet erigeron, à teneur en CaCO_3 généralement comprise entre 10 et 15 %, peut quelquefois apparaître dans le profil à moins de 1,20 m.

L'horizon Bt présente une structure polyédrique bien développée qui passe au type prismatique dans les horizons sous-jacents.

Les argiles des limons picards présentent toujours une capacité d'échange cationique moyenne 45 à 55 meq., et une saturation très élevée, grâce à l'intervention généralisée des amendements.

Sur les pentes se répartissent des sols un peu moins évolués qui sont du type sol brun ou sol brun légèrement lessivé.

Cependant, une unité assez largement répartie dans le Laonnois est constituée par la superposition d'un limon d'apport assez récent, soit par voie éoliennes, soit par voie de ruissellement, sur un matériau plus ancien portant les traces d'une évolution assez poussée.

Les limons de la couverture des plateaux du Soissonnais sont quelquefois de texture limono-sablause et présentent, dans un relief normal, un développement de *sol brun lessivé ou de sol lessivé*.

L'horizon Bt présente comme en Picardie une très bonne structure et une couleur brun jaune caractéristique. Les sols ont une capacité d'échange moyenne de 50 à 60 meq. pour l'argile, et sont toujours très fortement saturés.

Des profils non érodés ne peuvent s'observer que sous forêt, les sols situés sous culture présentant pratiquement tous un degré d'érosion anthropique relativement poussé. Cette érosion peut atteindre dans certains secteurs un degré tel que l'horizon B_{2t} apparaît en surface, parfois même la plus grande partie de l'horizon d'accumulation a été décapée et le loess décarbonaté ou même quelquefois calcaire s'observe dans le profil.

Des horizons B "anthropiques", dus à une mise en culture très ancienne, sont caractérisés par de nombreux revêtements humifères et une activité biologique très importante.

On peut fréquemment observer la présence en profondeur d'un horizon d'accumulation de calcaire, issu de la décarbonatation des couches superficielles, et où la répartition du calcaire secondaire est particulière et se distingue de celle des carbonates faisant partie de la matrice originelle. De petites concrétions analogues aux très connues pouپées du loess y sont fréquentes. L'augmentation de la teneur en calcaire n'est cependant pas toujours aisément décelable, se répartissant parfois sur une épaisseur importante de matériaux calcarifères.

Une certaine dégradation de la partie supérieure de l'horizon Bt des sols lessivés peut s'observer localement dans des conditions particulières. L'apparition semble en être essentiellement due à une dégradation ancienne et importants de la végétation naturelle, par modification anthropique du tapis végétal. Notons que cette dégradation va fréquemment de pair avec un engorgement temporaire dans la solum, situé à la base de l'horizon Bt.

Dans ces régions, caractérisées par un recouvrement limoneux récent, il semble donc que le type de développement de profil le plus largement représenté sur des surfaces à relief peu accidenté, c'est-à-dire là où les conditions de genèse ont pu s'exprimer le plus librement, soit celui de *sol brun lessivé à sol lessivé*. Les autres types de sols représentés sont vraisemblablement liés à l'influence prépondérante d'un facteur particulier de l'évolution pédogénétique, essentiellement intervenue comme facteur indirect influençant les deux précédents.

Les associations de sols représentées dans les régions qui nous occupent présentent donc pratiquement toujours comme unités dominantes des sols bruns lessivés et sols lessivés, comme unités associées des sols bruns et sols calciques d'une part, des sols lessivés en voie de dégradation d'autre part.

D'autres sols paraissent avoir évolué aux dépens de matériaux probablement plus anciens, plus altérés, et présentent un degré d'évolution nettement plus avancé.

Les régions concernées sont essentiellement représentées par la Haute-Brie et, d'une manière moins importante, par la zone septentrique de la bordure ardennaise.

Le limon loessique des plateaux de Haute-Brie présente un développement beaucoup plus accentué que dans le reste de la région étudiée. Nous sommes en présence de sols lessivés, glossiques, acides et hydromorphes qui représentent, semble-t-il, le stade le plus avancé d'évolution de ces matériaux sous climat tempéré humide (Janagne, 1969).

Ces sols sont caractérisés par une dégradation très poussée amenant la dissolution de la partie supérieure de l'horizon Bt et la formation de poches de matériaux dégradés en forme de "tonguing". L'horizon A & B ainsi formé est lié à l'approfondissement progressif de l'horizon A₂ et à l'apparition de phénomènes d'illuviation secondaire. La capacité d'échange cationique de la fraction argileuse varie de 20/35 meq. dans les horizons dégradés à 45/55 meq. dans les horizons inférieurs.

Un horizon compact du type "fragipan", se surimpose au développement du solum très souvent au niveau de l'horizon B₃, parfois dès la base du B₂ et fréquemment jusque dans le C. L'aspect morphologique le plus typique de cet horizon en est la structure prismatique grossière à sous-structure lamellaire ou polyédrique, présentant en coupe un réseau polygonal caractéristique. Une nappe aquifère à caractère essentiellement temporaire y apparaît, provoquant un drainage typiquement alternatif.

Au niveau de la surface d'érosion de l'Ardennes nous trouvons une couverture relativement importante de loess.

Dans les limons profonds se sont développés des sols du type sol lessivé acide, assez dégradés ; la dégradation de la partie supérieure du B₂ est liée à des capacités d'échange de l'argile assez basses, de l'ordre de 25 à 40 meq.

Des secteurs très importants sont d'autre part caractérisés par la présence de matériaux loessiques anciens assez altérés, et redistribués en nappes très vastes qui ne semblent présenter qu'un développement subactuel relativement peu marqué.

Lorsqu'un recouvrement plus récent se présente, surmontant un ancien sol enfoui, le développement est du type sol brun faiblement lessivé ou sol brun lessivé.

Les associations de sols de la Haute-Brie présentent une dominance marquée des sols lessivés glossiques à hydromorphie. Comme unités associées on peut observer des sols faiblement dégradés ou des sols lessivés.

En Ardennes le développement le plus représenté est celui de sol lessivé acide sur matériaux redistribués, associés à des sols dégradés ou en voie de dégradation. Le recouvrement récent présente un développement de sol brun lessivé.

D'autres sols parmi ceux que nous avons observés constituent des sols hérités. Ils sont essentiellement représentés par des matériaux ayant subi l'action de pédogénèses liées à des conditions climatiques anciennes, et ramenés en surface ou à faible profondeur par le jeu de l'érosion.

Ils présentent donc, de ce fait, surimposés aux caractéristiques pédogénétiques anciennes, des caractères dus à la pédogénèse récente, ce sont des sols polyphasés, ou polygéniques.

Ces sols peuvent se retrouver un peu partout sur l'ensemble de la région étudiée, mais cependant d'une manière prépondérante dans deux

régions naturelles situées au nord-est du bassin parisien : la Thiérache et la bordure sud de la plate-forme ardennaise.

Il semble que cette localisation soit liée à des épaisseurs de matériaux limoneux relativement peu importantes permettant de nombreuses interférences. On observe dans ce secteur une couverture limoneuse d'épaisseur généralement moindre que dans les autres régions : 2 à 3 m, reposant soit sur un cailloutis à silex surmontant lui-même le crétacé, soit sur le socle primaire.

Au demeurant, cette couverture est très souvent constituée par la superposition de deux apports d'âge et de degré d'évolution très différents.

Le dépôt le plus récent présente un degré de lessivage variable : *sols bruns faiblement lessivés ou bruns lessivés*. Généralement épais de 50 cm à 1 m, il repose souvent sur un sol plus ancien, plus évolué, portant assez fréquemment la marque d'une évolution sous climat plus chaud : traces de ferruginisations, présence de revêtements très épais, de pisolithes très indurés.

Le contact entre le dépôt récent et le matériau plus ancien présente souvent la trace de phénomènes liés aux conditions périglaciaires. Il est intéressant de noter que les limons anciens montrent généralement une compaction très forte, localement liée à une structure grossière lamellaire, la porosité de la zone de contact est très faible, la densité apparente peut y atteindre des valeurs très proches de celles observées dans les "fragipans" typiques.

On constate très distinctement que ces sols polyphasés présentent des caractères liés à des cycles d'illuviation successifs ; ils possèdent d'autre part une teneur en argile souvent relativement importante, des traces de rubéfaction, et celles de fragmentations et de romaniements, vraisemblablement dus à l'influence de climats froids.

Du fait de l'hétérogénéité en surface de la couverture d'apport le plus récent, les associations de sols sont relativement complexes. La dominance semble cependant être le type de sol lessivé plus ou moins hydro-morphe, et dégradé là où les matériaux anciens présentent en surface une extension importante.

Sur la base de ce que nous venons de présenter nous avons élaboré une *esquisse de répartition des associations de sols sur loess* pour le nord du Bassin de Paris (fig. 23). Nous avons distingué cinq grandes unités dont les définitions simplifiées sont les suivantes :

1. - Sols bruns lessivés, avec sols bruns et sols calciques associés.
2. - Sols bruns lessivés, avec sols lessivés associés.
3. - Sols lessivés, avec sols bruns lessivés associés.
4. - Sols lessivés acides, avec sols lessivés glossiques associés.
5. - Sols lessivés glossiques, à pseudogley, avec sols lessivés associés.

RÉPARTITION DES ASSOCIATIONS DE SOLS
SUR LIMONS LOESSIQUES

Esquisse cartographique

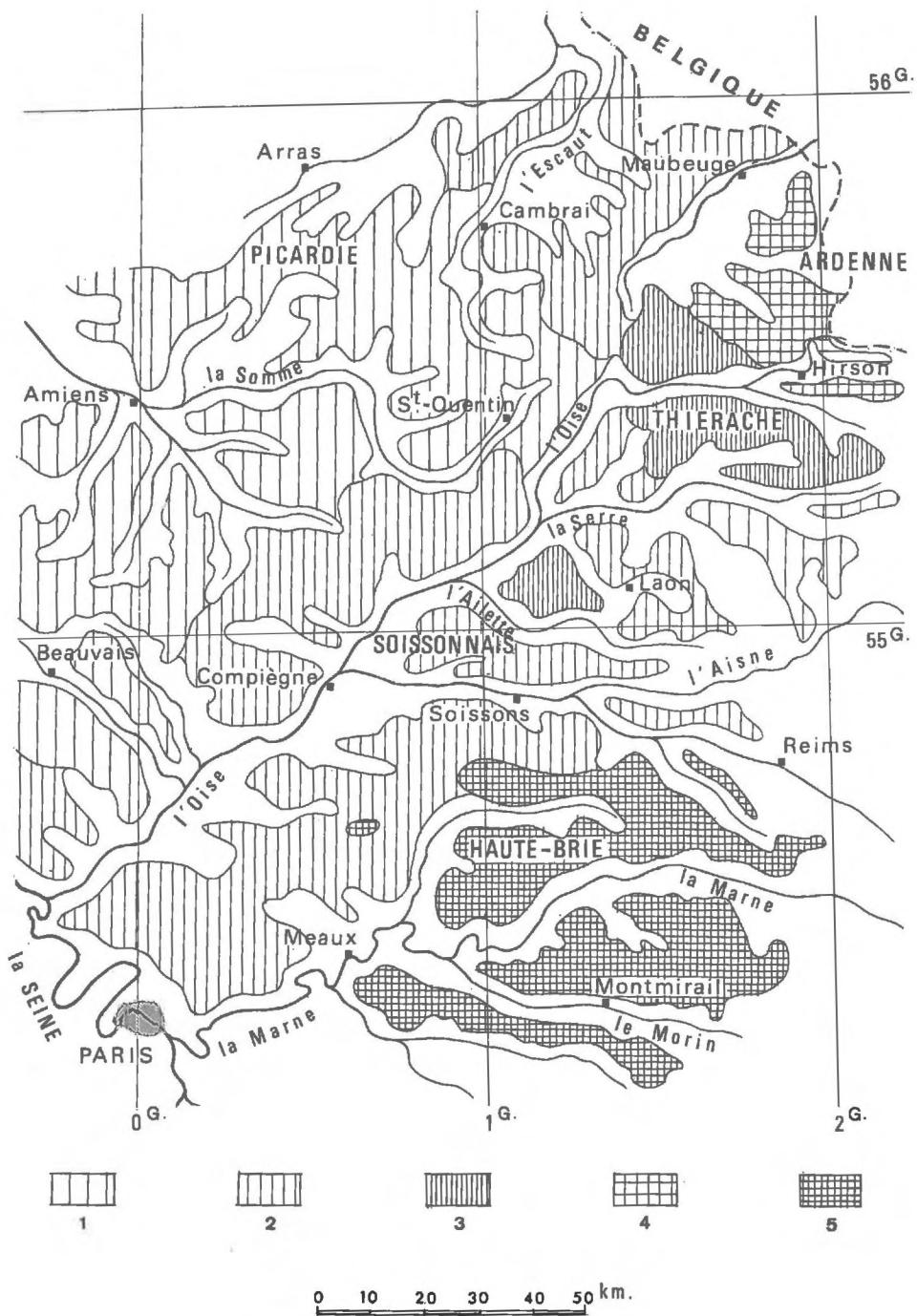


Fig. 23

Nous pouvons résumer succinctement la classification de tous ces sols développés sur limons, sur le plan taxonomique et systématique, de la façon suivante :

Nous pensons que les limons récents ayant été soumis d'une manière "normale" à l'influence des facteurs de la genèse, et notamment ceux particulièrement intenses de la période atlantique, sont développés en *sols bruns lessivés ou sols lessivés* - ("Parabraunerde" ou "Typic Hapludalf", "Agrudalf" localement), que ces limons, lorsqu'ils ont subi une dégradation anthropique importante, sont développés en *sols lessivés légèrement dégradés* - (transition "Parabraunerde-Fahlerde" ou "Glossic Hapludalf") (Müchenhausen, 1962 - U. S. D. A., 1967).

Des limons plus anciens, qui ont subi depuis très longtemps l'action des agents pédogénétiques, semblent tous porter des *sols lessivés fortement dégradés, glossiques, à pseudogley*, parfois à tendance "plano-solique" - ("Fahlerde" - "Glossic/Aquic Fragiudalf", "Aquic Glossudalf", "Fragiaqualf" ou "Glossuqualf").

A première vue cet ensemble que nous venons de décrire apparaît comme relativement disparate. Plusieurs fils conducteurs permettant de préciser les relations entre les différents développements observés nous sont cependant apparus, et que nous avons évoqués.

Notre but est donc maintenant de tenter d'ordonner cet ensemble en fonction de l'intervention d'un certain nombre de processus fondamentaux de la pédogenèse.

MISE EN EVIDENCE D'UNE SEQUENCE THEORIQUE D'EVOLUTION

L'étude de l'évolution des sols implique la prise en considération de leur dynamique propre. Il nous a paru indispensable, pour appréhender le mieux possible la part qui revient, dans l'évolution des sols sur matériaux limoneux, aux différents processus fondamentaux, d'étudier les problèmes dans le cadre d'une séquence évolutive.

L'ensemble des travaux actuellement réalisés, ainsi que nos propres observations nous permettent d'inclure les différents types de sols dans une *séquence chronologique théorique d'évolution progressive*.

Les formations limoneuses ont une grande extension dans de nombreuses régions, particulièrement en Europe occidentale et centrale.

Toutefois, les matériaux originels limoneux dans lesquels les sols ont pu se développer sont parfois assez différents tant en ce qui concerne leur nature que leur stratigraphie. Notamment, ils peuvent être très calcaires à l'origine, peu, ou pas du tout, ils peuvent montrer une stratification ou n'en pas montrer. De ce fait, les sols développés dans ces matériaux peuvent être dès le départ de l'évolution relativement différents, et du point de vue morphologique, et du point de vue analytique.

Certains matériaux sont très récents et les sols développés le sont de ce fait également, d'autres peuvent avoir subi une altération et une évolution assez anciennes, avoir été ensuite tranquilles et recouverts, ou apparaître en surface sur des superficies plus ou moins vastes, où ils ont subi postérieurement une évolution plus récente qui s'est surimposée aux caractéristiques pédogénétiques de l'évolution précédente. D'autres encore peuvent avoir subi également cette évolution ancienne et avoir été redistribués sur des surfaces généralement plus récentes où ils sont actuellement soumis aux agents de la genèse.

Lorsque l'on envisage l'ensemble des formations limoneuses que l'on observe en surface, ainsi que les différents sols qui s'y sont développés, il apparaît nettement qu'on se trouve en présence de stades intermédiaires s'intégrant dans un ensemble qui constitue une séquence évolutive que l'on devine, ou bien en présence de sols qui semblent être en équilibre avec les conditions actuelles du milieu, mais cependant susceptibles d'être modifiés plus ou moins rapidement par un changement intervenant dans le mode d'action d'un des facteurs de la genèse. C'est à partir de là qu'on peut aisément concevoir une séquence d'évolution théorique au sein d'un matériau bien défini à l'origine.

Cette séquence est évidemment différente suivant les conditions pédogénétiques du milieu dans lequel on l'étudie, et particulièrement du climat où on se trouve.

Plusieurs études ayant pour objet l'établissement de semblables suites évolutives ont été faites, particulièrement en Europe occidentale. On peut citer les travaux de *Dudal* (1953) et *Fécret* (1956) sur les régions limoneuses de moyenne Belgique, de *Altemüller* (1957), de *Lieberoth* (1964) sur les loess de Saxe, ceux de *Fink* (1956) sur les loess d'Autriche. Mais il est évident que les termes de la séquence peuvent être différents dans un cas et dans un autre. Un simple exemple sera cité ceci : *Fink*, sous climat continental, à un terme de "Chernozem" à l'origine de sa séquence, alors que les auteurs occidentaux, n'ont pas ce terme d'une manière tangible, son intervention étant à peine soupçonnée.

Il convient donc de tenter de relier un certain nombre de types de sols développés dans des matériaux limoneux, et de les regrouper dans une série progressive théorique.

Pour donner un aperçu de l'évolution pédogénétique des limons, il est indispensable de définir tout d'abord ce que l'on a coutume d'appeler le profil "normal" ou "modal", observé actuellement, et qui doit vraisemblablement correspondre à un équilibre vis-à-vis des conditions du milieu actuel (*Jenny*, 1941 - *Dudal*, 1953).

En ce qui concerne la majeure partie du territoire français, et tout particulièrement le domaine étudié, le profil typique développé dans les formations limoneuses du quaternaire récent, et qui correspond au cas où, du fait de la situation géomorphologique, les facteurs de la genèse ont pu agir sans contraintes ni influences particulières, est celui d'un *sol brun lessivé* ou d'un *sol lessivé*. Ces sols auraient subi une évolution essentiellement postglaciaire dont une des périodes les plus actives aurait été l'époque atlantique, ils seraient donc âgés d'un peu plus de dix mille ans.

A partir de là, il s'agit de retrouver des stades d'évolution qui sont soit antérieurs, soit postérieurs à ce profil de sol que l'on considère comme typique. La raison de la présence de ces types de sols réside évidemment dans une modification de l'action de certains facteurs de la genèse qui ont amené soit un retard par rapport au développement normal, soit une accélération. On peut concevoir que parmi ces facteurs génétiques, la nature de la roche-mère, si l'on considère un limon homogène dans une région déterminée, est restée la même et que la succession climatique a également été identique sur le modèle pris dans son ensemble.

Les facteurs qui sont, semble-t-il, à incriminer, sont tout d'abord le relief, ensuite la végétation, enfin l'influence humaine. Cette dernière est intervenue d'une part comme facteur indirect à travers la modification du tapis végétal, d'autre part très directement par la mise en culture, créant des conditions particulières d'évolution.

Si l'on considère maintenant que le matériau original n'est peut-

être pas tout à fait homogène sur l'ensemble d'une région où l'on étudie ces phénomènes, on conçoit que la variation de la nature de ce matériau peut avoir influencé l'évolution en provoquant par rapport à ce stade d'évolution normal également un retard ou également une avance. On peut prendre comme exemple un matériau limoneux particulièrement riche en calcaire qui créera un frein à l'évolution, l'illuviation maximum n'ayant la possibilité de se développer que lorsqu'une décarbonatation suffisante est intervenue. D'autre part, un limon à teneur en sable assez importante sera fréquemment plus sensible aux agents de la genèse qu'un limon très pur, et de ce fait présentera très rapidement un degré d'évolution plus marqué.

Chacun des stades caractéristiques peut être défini par des critères relativement précis. A chacun d'entre eux se rattache un ou plusieurs types de sol selon l'intensité des processus.

Une séquence sur limon loessique peut se concevoir de la manière suivante :

- *Sol brun calcaire et sol brun calcique*, caractérisés par la présence d'un gradient de teneur en carbonate de calcium en fonction de la profondeur, dans un matériau granulométriquement homogène. Cette phase s'individualiserait nettement par suite de la dissolution rapide des carbonates.

- *Sol brun modal*, défini par une augmentation du taux d'argile granulométrique sur une certaine profondeur. Il s'agit d'un enrichissement apparent, qu'on peut appeler "argillification". Les phénomènes de structuration marqués interviennent au sein du matériau, ils sont particulièrement bien développés là où les fluctuations des conditions physiques du milieu sont les plus importantes, provoquant la fissuration, avec différenciation d'un horizon (B).

Dans les matériaux non calcaires, ce processus serait à même d'intervenir dès le début de l'évolution.

- *Sol brun lessivé et sol lessive*, qui se développent lorsque les conditions favorables à la migration d'argile colloïdale apparaissent, cette dernière se concentrant en profondeur dans les pores fins et sur les faces des agrégats, en revêtements caractéristiques, ce qui correspond au concept d'illuviation.

Un horizon Bt, dit textural ou "argillique", se différencie de plus en plus nettement dans le profil, sous un horizon A₂ appauvri.

Remarquons qu'en ce qui concerne les loess, l'ensemble des processus d'argillification et d'illuviation semble correspondre à ce que l'on fréquemment appelle "lehmification".

- *Sol lessivé dégradé, "glossique", à hydromorphie*, caractérisé par l'apparition d'un horizon A₂ plus différencié, d'une "dégradation" de l'horizon Bt, et de certains symptômes d'une nouvelle illuviation, dite "secondaire" à la base du Bt et dans l'horizon sous-jacent. Cette évolution se marque par un approfondissement de l'horizon A₂ en formes de langues ou de poches, un culmatage de la base de l'horizon Bt et l'apparition d'un horizon compact. Une nappe à caractère temporaire apparaît généralement dans le profil, accentuant encore en surface les possibilités de dégradation.

En ce qui concerne les matériaux loessiques, ce dernier stade semble être celui correspondant à l'évolution pédologique la plus avancée.

Les sols et paléosols observés actuellement sur matériaux limoneux correspondent donc à l'influence plus ou moins intense d'un ou plusieurs processus fondamentaux de la pédogenèse.

Si l'on peut envisager qu'un même matériau original a subi l'ensemble de l'évolution impliquée par une chronoséquence de ce type, il est vraisemblable que dans certains cas l'un ou l'autre des phénomènes peut avoir été plus ou moins masqué, ou que l'évolution ait pu être retardée du fait de caractéristiques extérieures au milieu.

Les processus peuvent être considérés comme appartenant à trois types principaux : *altération primaire - lessivage / illuviation - dégradation secondaire*.

En ce qui concerne les premiers stades d'évolution des matériaux loessiques, nous avons pensé que l'étude des mécanismes d'altération méritait d'être dissociée des processus pédogénétiques proprement dits.

En effet, dans l'évolution d'un sédiment ou d'une roche, on peut concevoir deux stades théoriques successifs, le premier lié aux phénomènes d'altération essentiellement physico-chimiques permettant l'apparition d'une "altérite" constituant le matériau original du sol, le second caractérisé par la différenciation de ce sol sous l'influence de l'ensemble des facteurs pédogénétiques.

Ces deux stades théoriques sont fréquemment étroitement imbriqués dans la nature, mais cette conception permet cependant toute factice qu'elle puisse paraître, de faciliter la recherche des mécanismes en cause.

Dans notre étude du matériau loess, nous appellerons "régogénèse" l'ensemble des phénomènes d'altération dû à l'action des eaux météorites, indépendamment d'une activité biologique importante, et amenant la formation d'un "matériau original".

La "pédogénèse", quant à elle, résulte de l'action de l'ensemble des mécanismes et processus agissant dans le milieu d'altération.

DEMARCHE DE RECHERCHE

La démarche suivie pour la suite de notre travail ainsi que pour la présentation de nos résultats est justifiée par la nature et le nombre de nos observations, par les conditions matérielles qui nous étaient offertes, et par la teneur des résultats antérieurement acquis.

- En un premier temps, nous nous attacherons à l'étude du loess en tant que matériau, en effectuant l'analyse de notre fond d'observations en ce qui concerne les formations superficielles de nature limoneuse. Afin de rendre compte de l'originalité des différents secteurs géographiques de la zone étudiée, nous avons retenu une présentation par régions naturelles.

Ceci nous permettra d'avoir une connaissance suffisante des principales propriétés des matériaux originels. Nous tenterons ensuite d'apporter une contribution à la connaissance des premiers processus d'altération des loess par l'étude de séquences caractéristiques.

Ces données seront traitées en troisième partie.

- En enchaînant sur ces premiers résultats, nous analyserons de manière plus approfondie une série de profils développés dans des matériaux d'âge et de mise en place différents, et représentant des stades d'évolution progressivement plus avancés. Une analyse minéralogique détaillée ainsi que de nombreux examens micromorphologiques nous permettront ainsi d'atteindre une caractérisation plus fine des sols et des horizons qui les composent.

Pour préciser la nature des mécanismes mis en jeu dans l'évolution des sols lessivés et lessivés dégradés classiques, des échantillons de revêtements argileux et de plages dégradées feront ensuite l'objet d'analyses fines, ainsi que d'observations microscopiques par l'utilisation du microscope électronique à balayage et de la microsonde.

Ceci fera l'objet de la quatrième partie.

- Dans la cinquième et dernière partie, le comportement des différents paramètres d'évolution des sols : morphologiques, micromorphologiques, chimiques, physiques, minéralogiques, sera ensuite analysé au travers d'une séquence évolutive théorique.

Nous y tenterons enfin une synthèse pour cerner la nature des mécanismes intervenant dans l'évolution des sols limoneux étudiés, ainsi que pour caractériser les processus sédogénétiques fondamentaux dominants.

Les diverses possibilités de généralisation des résultats obtenus seront exposés en fin de travail.

*

*

*

- T R O I S I E M E P A R T I E -

LE MATERIAU LOESS.

3.1. GENERALITES

Cette partie est consacrée à l'étude du "matériaux loess", qui constitue un grand facteur de pédogénèse.

Les variations de ses caractéristiques dans la région qui nous occupe ont été relativement peu étudiées et il était indispensable pour nous d'en effectuer une analyse suffisamment détaillée.

La littérature concernant les loess et matériaux loessiques est riche, tant en ce qui concerne leur origine que leurs principales propriétés. Les loess sont très largement répandus dans le monde, leur origine éoliennes est plus ou moins contestée, leur composition est variable, aspects différents qui furent abondamment traités, essentiellement depuis quelques dizaines d'années.

Les matériaux se sont généralement déposés en apports successifs plus ou moins longs et plus ou moins rapides, avec possibilités d'altération et d'évolution très variables. L'influence des conditions de mise en place est donc importante sur la structure des matériaux et sur l'orientation de leur évolution pédogénétique. Un apport "massif" ne peut avoir permis qu'une altération sensiblement postérieure à la mise en place, alors qu'une sédimentation lente et progressive pourrait avoir autorisé une altération et même un développement pédogénétique contemporain du dépôt.

L'influence des conditions climatiques se matérialise généralement assez bien dans ce type de matériaux, avec pour conséquence des caractères liés à différents processus : altération primaire - brunification - rubéfaction - illuviation - altération secondaire - hydromorphie.

Les dépôts loessiques, matériaux typiquement quaternaires, ont donc enregistré l'ensemble des variations climatiques de cette période.

Une attention toute particulière a dû être attachée tout au long de notre étude à la différenciation entre caractères d'évolution anciens et récents.

Dans le premier chapitre nous effectuerons tout d'abord une analyse des travaux antérieurs traitant du loess en tant que matériau.

Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse des différentes formations limoneuses auxquelles nous avons affaire, de manière à nous localiser avec suffisamment de précision dans l'ensemble de la couverture loessique d'Europe occidentale.

Le chapitre suivant présentera, en enchaînement sur le précédent, une synthèse de nos observations sur les principaux paléosols observés.

Dans le dernier chapitre, intitulé "Régogenèse", nous envisagerons les processus d'altération en place du loess, correspondant pour partie aux phénomènes dits de "lehmification" ; nous en tirerons un certain nombre de conclusions sur les phases initiales de la séquence d'évolution des sols.

L'ensemble des données exposées dans cette partie du travail servira de base aux interprétations que nous tenterons dans les parties suivantes.

*

* * *

3.2. REVUE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Un nombre important d'études ont été réalisées sur les matériaux loessiques, certaines ont une portée très générale, d'autres ont été consacrées à des régions particulières ou à des dépôts bien définis.

Nous ne ferons référence qu'aux travaux les plus fondamentaux ou à ceux intéressant directement notre étude.

Les premiers travaux d'une certaine importance concernant les matériaux qui nous intéressent furent réalisés par V. Mal'ycheff et V. Agafonoff, de 1928 à 1932. Ces auteurs s'attachèrent à caractériser les loess et limons loessiques sur le plan granulométrique, physico-chimie et minéralogie.

Ces études avaient été précédées au siècle dernier par des travaux de stratigraphie, dont les plus connus sont ceux de J. Ladrière (1890). Plus tard, V. Comont précise les données antérieurement acquises.

En 1928, V. Mal'ycheff donne les premières définitions des termes de loess, de lehm, ainsi que les principales subdivisions : loess anciens, récents, typiques, non typiques... Les principaux caractères analytiques sont précisés.

En 1933, V. Mal'ycheff tente de définir l'origine des loess du bassin de Paris, notamment par l'examen des foraminifères. Elle en conclut un emprunt par le vent aux grandes formations alluviales voisines, c'est-à-dire qu'un double transport serait intervenu : fluviatile d'abord, éolien ensuite. Cet auteur décèle dans les loess la présence de minéraux argileux du type montmorillonite et beidellite, ainsi qu'un peu de kaolinite.

A la même époque, V. Agafonoff et V. Mal'ycheff mettent en évidence l'importance des variations climatiques dans les phénomènes de lehmification.

L. Drujincov (1942) pose le problème de l'érosion des loess en "lehm". Il explique le phénomène par la succession de deux phases : - influence de solutions riches en calcium, solubilisation de la silice, immobilisation du fer et de l'alumine avec néoformation d'argile (minéral E) - acidification, destruction de certaines formes minérales et nouvelles néoformations. La première phase serait donc liée à la décarbonatation, la seconde à une désaturation avec tendance à l'apparition de phénomènes de podzolisation.

Les travaux de S. Duplaix (1946), dont certains en collaboration avec H. Millière, montrent l'importance de l'étude des minéraux lourds dans la caractérisation des différents sédiments loessiques. Elle permet notamment de distinguer la superposition de différents niveaux, ainsi que les grandes variations géographiques. Les auteurs montrent la richesse des limons picards en épidoite, amphibole et grenat.

Dans sa thèse, H. Millière (1948), sur la base d'un certain nombre d'analyses sédimentologiques, met en doute l'origine bolienne des loess, et avance l'hypothèse d'une origine locale. Il fournit également des renseignements intéressants sur l'épaisseur des couvertures limoneuses, ainsi que sur la teneur en argile des niveaux anciens.

F. Bourdier (1946) étudie les formations de la Seine Maritime, et compare les limons anciens de cette région à ceux de la vallée du Rhône.

F. Bordes, au même moment, interprète un certain nombre de coupes importantes dans le bassin de la Seine, et attire l'attention sur la probabilité de profonds remaniements des niveaux d'altération anciens antérieurement à leur recouvrement par les apports plus récents.

A la même époque C. H. Edelman publie des données concernant les limons et sables de couverture des Pays-Bas. Cet auteur est partisan de l'origine éolienne de ces dépôts, ceci sur la base de leur composition granulométrique et minéralogique, et de leur répartition dans le paysage. Edelman caractérise également un certain nombre d'associations minéralogiques que l'on peut regrouper en deux unités principales : la première, - A, exclusivement d'origine marine, comprend une dominance de grenat, d'épidote et d'amphibole, la seconde, - B, d'origine continentale, est riche en minéraux de métamorphisme comme la staurolite, le disthène, l'andalousite et la sillimanite. Deux associations de moindre importance, X et Y, d'origine nordique, et proches de A, sont également définies.

R. Tavernier (1943), dans son étude pétrologique des loess de Belgique, rattache leur composition en minéraux lourds à la province X de Edelman.

Le même auteur, analysant les dépôts tardiglaciaires de Belgique, limoncux et sablo-sableux, précise la limite supérieure du Pléistocène et confirme leur apport par des vents dominants du secteur nord-ouest.

J. Grainger (1948) caractérise les loccs des environs de Rouen qu'il considère comme typiquement éoliens, et en propose une stratigraphie en trois cycles principaux.

En 1948, R. Tavernier publie un travail de synthèse sur les formations quaternaires de la Belgique et les relations avec l'évolution du modelé. L'auteur distingue trois limons ou argerons dans le Pléistocène supérieur, ainsi que des sables de couverture. Il décrit également les différentes formations du Pléistocène moyen et inférieur.

F. Bordes (1952-1954) présente ensuite une étude très importante faisant la synthèse de ses observations dans le bassin de la Seine. Ce travail très complet constitue la référence la plus solide à laquelle nous avons raccordé nos propres résultats. Basée sur la morphologie, la granulométrie, l'étude des industries humaines, la méthodologie employée fait également largement appel à la pédologie. F. Bordes donne une définition du loess et du lehm, et précise ce qu'il entend par colluvions limoneux, complexe locssique... Il subdivise la stratigraphie des dépôts limoneux en deux cycles distincts : cycle du locss récent, constitué des dépôts würmiens, et cycle du loess ancien. Le premier comprend trois stades principaux, et l'auteur confirme ainsi les recherches de R. Tavernier.

En ce qui concerne le mode de dépôt du loess, Bordes est convaincu de l'origine éolienne. Il note une exposition dominante des sédiments justifiant l'hypothèse de l'action de vents en provenance du nord-ouest. Il suppose une partie des dépôts d'origine lointaine : fond exondé de la Manche ou de la mer du Nord, avec apports locaux à partir de formations alluviales des grandes rivières proches des dépôts actuels.

En 1953, A. Caillaux publie une mise au point concise mais exhaustive sur les loess et limons éoliens de France.

J. Tricart (1956) présente ensuite une carte des phénomènes quaternaires en France. Ce document, particulièrement intéressant, donne notamment la répartition très importante des formations limoneuses würmiennes dans le nord-ouest du bassin de Paris, ainsi que la localisation de lambeaux plus anciens, rissiens, dans la région que nous avons étudiée.

A cette époque, de nombreux travaux sont réalisés en Belgique et aux Pays-Bas sur les dépôts quaternaires.

R. Meréchal et G. C. Maerleveit (1955) présentent des documents cartographiques donnant l'extension des phénomènes périglaciaires dans ces deux pays, et qui permettent de constater la localisation préférentielle des zones loessiques sur pentes douces à exposition nord-est et sud-est. A. Vink précise une répartition de ce type dans des petits secteurs au centre des Pays-Bas.

Les auteurs notent une relation probable entre les dépôts loessiques de l'entre Sambre et Meuse et ceux du bassin parisien.

R. Meréchal (1958) décrit l'ensemble des phénomènes périglaciaires de Belgique, directement reliés aux différents matériaux originels. Reprenant la classification de R. Tavernier pour les dépôts loessiques, l'auteur complète l'inventaire par des descriptions précises des phénomènes périglaciaires et des produits qui en découlent : solifluxion, involution, fentes de gel, graviers éoliens, coulées pierreuses.

P. Bourguignon et F. Delécour (1955) observent en Gaume, dans le sud de la Belgique, des plages importantes de loess d'origine éolienne certaine. L'étude des minéraux lourds indique une diminution des minéraux de la province "nordique" : hornblende verte et epidote, par rapport aux limons de la moyenne Belgique, et qui serait due à un déclinement plus important de la source probable de ces minéraux. Bourguignon y remarque d'autre part la présence de minéraux en provenance du massif de l'Eifel.

En 1957, dans leur travail sur la chronologie du Pléistocène supérieur, R. Tavernier & J. de Heinzelin confirment la stratigraphie en trois niveaux principaux du cycle du loess récent de F. Bordes. Ils précisent la morphologie de la partie supérieure du limon récent inférieur profondément lehmifiée, à caractères d'horizon argillique, et souvent fortement gleyifié. Nous verrons plus loin l'importance de ces observations.

Les loesses reposant sur les plateaux ardennais ont été étudiées par G. Manil (1958) qui conclut à l'influence importante du substrat dans la composition de la couverture, ainsi qu'à la présence fréquente de caractéristiques reliques d'anciens sols.

En 1960, G. Manil étudie les caractères particuliers des fontes de gel et met notamment en évidence la faible capacité d'échange de matériaux argileux après déplacement et accumulation en plages individualisées.

Quelques observations particulièrement intéressantes sur les sols anciens sont présentées par le même auteur. G. Manil y constate des teneurs en argile nettement plus importantes que dans les niveaux plus récents, ainsi que des couleurs nettement plus rougeâtres : 7,5 YR et 5 YR contre 10 YR. L'auteur montre également la différence entre les indurations ferrugineuses induites par une genèse actuelle et celles redistribuées, et héritées d'une pédogénèse ancienne. Il note par ailleurs la tendance planosolique des sols de surface développés dans les niveaux anciens.

P. Bourguignon et F. Delécour (1961) admettent la présence d'un loess ancien daté du Riss sur la ligne de partage des eaux de l'Entre Sambre et Meuse.

A partir de 1965 J. P. Lautridou étudie de façon détaillée les loesses de l'ouest de la France, et tout particulièrement ceux du pays de Caux. Il conclut, dans ce secteur, à une décarbonatation contemporaine du dépôt en conditions climatiques humides.

En 1967, R. Paeppe présente une stratigraphie comparative des dépôts de loess würmiens en Belgique et en Autriche, permettant d'appréhender une corrélation générale avec les couvertures limoneuses d'Europe centrale.

Il publie avec R. Van Hooyne (1967), un travail de synthèse sur la stratigraphie et la paléobotanique du Pléistocène récent de la Belgique.

A l'initiative de l'Association des Géologues du bassin de Paris s'est tenu en 1967 un colloque sur les limons du bassin. Cette réunion permit de faire une mise au point, notamment sur le plan de la terminologie, qui fut étudiée par une commission spéciale et animée par J. P. Lautridou. Cette commission a repris des définitions pour les termes "limon" et "loess", ainsi que "cailloutis de base", mais propose l'abandon des termes locaux, comme "ergeron", ambigu, comme "lehm", ou descriptifs comme "limon fendillé".

En 1969 s'est tenu à Paris le 8ème Congrès International de l'I. N. Q. U. A. pour la préparation duquel les chercheurs français ont réalisé un grand nombre de mises au point générales et synthèses régionales.

F. Bourdier présente notamment une étude comparée des dépôts quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, basée sur l'analyse détaillée de nombreuses coupes et des données très complètes sur l'archéologie.

Cependant, la mise au point qui nous intéresse le plus est celle réalisée par F. Zardes sur les loess de France, dans l'ouvrage concernant les études françaises sur le quaternaire.

Pour le bassin de Paris l'auteur reprend ses propres conclusions exposées dans sa thèse, et actuellement admises par la majorité des quaternaristes français : présence de deux cycles du loess, récent et ancien, chacun d'entre eux se subdivisant en trois principaux stades. Il note en complément la présence locale de loess antorissiens. F. Zardes examine ensuite les études réalisées sur les loess d'Alsace, essentiellement ceux de J. Frère de Ferrière (1937) et surtout P. Verrout (1957) sur la coupe très représentative d'Achenheim. Enfin, l'auteur résume les principales observations effectuées dans d'autres régions de France où des couvertures loessiques de moindre importance sont présentes : vallée du Rhône, Provence, région du Sud-Ouest.

A l'heure actuelle les matériaux limoneux de la partie ouest du bassin de Paris sont essentiellement étudiés par J. P. Lautridou qui vient notamment de mettre en évidence l'intérêt des minéraux lourds comme critère stratigraphique (1970) dans les loess de Normandie. Les minéraux ubiquistes dominent dans les loess anciens tandis que les dépôts plus récents sont caractérisés par une dominance de l'association epidote-amphibole-grenat.

Notons enfin la participation de tous les spécialistes français à l'élaboration de la carte d'Europe des loess au 1/2.500.000 élaborée sous les auspices de l'I. N. Q. U. A., et actuellement en cours de publication.

Un grand nombre d'études ont été réalisées en Europe Centrale sur les sédiments loessiques, particulièrement en Allemagne, Autriche, U. R. S. S., Roumanie...

L'objet du présent travail n'est pas de les analyser tous mais de reprendre les principaux travaux permettant une corrélation entre les différentes régions climatiques. Nous analyserons donc essentiellement les travaux allemands et autrichiens les plus récents.

En 1962 et 1963, J. Liebercith publie deux travaux très importants. Le premier expose de façon détaillée la stratigraphie des loess de Saxe parmi lesquels l'auteur distingue essentiellement un niveau ancien, rissien, portant un paleosol du type "Fahlerde-pseudogley", surmonté d'un complexe würmien subdivisé en trois parties.

Chacun de ces trois niveaux est caractérisé par un type de sol différent : sol brun pour le plus ancien, sol du type "artic brown soil" pour l'intermédiaire, sol lessivé pour le plus récent. Liebercith introduit dans cette étude la notion de "Lamellenfleckenzone" représentant l'action de déplacements d'argiles de faibles amplitudes contemporaines de la sédimentation.

Dans un autre ouvrage, l'auteur effectue une comparaison avec la stratigraphie d'autres régions d'Europe, centrale et occidentale. Il constate une bonne conformité notamment avec les travaux de F. Bordes et R. Tavernier.

Les loess d'Autriche ont été particulièrement étudiés par J. Fink qui en a fait une mise au point en 1964 et 1965. Le grand intérêt de la région étudiée réside dans sa position géographique qui constitue une zone de transition climatique. Fink est en effet amené à dissocier trois secteurs principaux : zone loessique sèche - zone loessique de transition - zone loessique humide. L'auteur signale que la dernière influence climatique relativement chaude se marque à l'interglaciaire Mindel/Riss avec appariition des dernières sols rouges sur le plan chronologique. Il dissocie la période würmienne en deux unités principales, contrairement aux auteurs français et belges.

Dans l'ensemble des nombreux travaux réalisés par les auteurs des pays d'Europe centrale, il faut également citer la remarquable étude de A. Conea (1970) sur le quaternaire de la Dobrogea en Roumanie. L'auteur utilise un ensemble de techniques très complet, et fait largement appel aux données de la pédologie pour la caractérisation des différentes niveaux stratigraphiques.

Aux Etats-Unis les sédiments loessiques ont naturellement fait l'objet d'un très grand nombre de travaux orientés sur la stratigraphie et la caractérisation des matériaux, ainsi que de manière importante sur leur distribution géographique.

En 1960, M. et M. Fedoroff ont publié une synthèse bibliographique intéressante concernant les loess de l'Amérique du Nord.

Les auteurs passent en revue les principales caractéristiques de la couverture loessique : extension, pétrographie, stratigraphie, et décrivent les hypothèses concernant l'origine du loess des grandes plaines ainsi que les conditions climatiques de leur formation. En conclusion, ils indiquent que les loess américains se distinguent essentiellement des loess français par leur teneur plus élevée en feldspaths et par une fraction argileuse dominée par la montmorillonite.

Nous pensons qu'un des travaux les plus importants est celui de G. D. Smith (1942) sur les loess de l'Illinois. L'auteur étudie essentiellement la distribution et les caractères des dépôts limoneux en relation avec l'éloignement de la province d'origine. G. D. Smith met en évidence une variation dans la granulométrie et l'épaisseur des sédiments en fonction de la distance séparant l'endroit de prélèvement de la source présumée. Il note également que la teneur en carbonates diminue en fonction de l'épaisseur décroissante, et émet l'hypothèse, pour les loess de l'Illinois, d'un dépôt dont accompagné d'une décarbonatation simultanée assez importante.

H. L. Mascher et al. (1947) étudient les loess de la vallée du Mississippi, montrent que l'altération s'opère en deux stades successifs : une décarbonatation tout d'abord, une décomposition des feldspaths et autres minéraux altérables ensuite, avec augmentation de la teneur en argile. L'aspect des feldspaths, angulaire ou érodé, représente pour les auteurs un critère d'altération, ainsi que l'apparition de quartz secondaire cimentant des éléments du squelette. De même, la présence de kaolinite est considérée comme un indice d'altération dans les matériaux étudiés.

En 1954, R. W. Simonson et C. Mutton établissent des courbes de distribution du loess dans l'Iowa et le Missouri, sur des distances très importantes. Les auteurs précisent ainsi les premiers travaux de Smith et autres chercheurs sur l'origine des loess des grandes plaines américaines.

R. V. Ruhe (1954) fait remarquer l'importance de la géomorphologie dans la répartition des loess, notamment ceux d'âge "Wisconsin" dans l'Iowa. Il confirme les travaux des auteurs précédents d'une manière générale, mais précise que ces interprétations sont essentiellement valables au niveau des dômes et interfluves. En effet, il signale que le degré d'altération et d'évolution des loess décroît progressivement le long des flancs des interfluves.

En 1961, P. Waggoner et C. Bingham étudient statistiquement la répartition des loess par rapport à l'origine des matériaux, et ce sur la base d'une théorie de la turbulence atmosphérique. Ils confirment ainsi l'origine essentiellement éoliennes des formations loessiques.

D'autres travaux de portée plus générale sont enfin à citer.

En 1960, L. S. Berg, dans une étude importante, émet l'hypothèse d'une dominance des processus d'altération en place dans la genèse des loess. Ces conceptions sont partagées par d'autres chercheurs soviétiques : désagrégation de matériaux divers, remaniements et mélanges par transport provoquant une certaine uniformisation des dépôts, enfin nouvelle altération pédologique. Berg met en évidence d'une part l'importance des processus d'évolution sur versants, d'autre part celle des altérations pédogénétiques.

I. P. Gerassimov (1962) montre l'action des processus pédogénétiques en conditions périglaciaires sur l'origine des matériaux loessiques, et met l'accent sur certaines conditions de sédimentation en milieu humide.

En 1963, C. Haase, suite au Congrès de l'I. N. Q. U. A. de 1961, présente une synthèse stratigraphique sur les loess d'Europe. Traitant essentiellement du Pléistocène sundéricur, et des dépôts liés à la glaciation würmienne, il constate qu'au sein de cette grande période la majorité des auteurs tendent à faire une subdivision en trois parties : "early glacial",

"pleniglacial" et "late glacial". Certains cependant n'en distinguent que deux principales en négligeant l'importance d'un interstadia.

L'auteur considère enfin qu'il paraît indispensable d'envisager les coordinations d'ensemble sur la base de deux grandes régions : Europe centrale et Europe du sud-ouest.

Dans son discours inaugural du VIII^e congrès de l'I. N. Q. U. A. en 1969, à Paris, I. V. Cerasimov traite des rapports réciproques entre le loess, le périglaciaire et le paléolithique de l'Europe centrale. L'auteur effectue une synthèse des connaissances en ce qui concerne l'origine des loess : polygénèse du matériau et processus d'apports variés, avec influence importante de la géomorphologie et de la paléogéographie. En ce qui concerne les paléosols, Cerasimov met les chercheurs en garde contre des interprétations trop hâtives en les raccordant à des stades d'évolution actuels. Il rappelle notamment que ces sols enfouis ont perdu leur dynamique propre et que de nombreuses transformations diagénétiques sont fréquemment intervenues. Il signale également que dans d'assez nombreux cas une évolution pédologique en conditions périglaciaires est intervenue simultanément aux processus de sédimentation, et que de nombreux phénomènes de cryoergie caractérisent l'ensemble des dépôts würmien.

Enfin, dans un numéro spécial de son bulletin, et à l'occasion du même Congrès, l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire a publié un nombre important d'articles concernant la stratigraphie des loess d'Europe. La majorité d'entre eux, très descriptifs, constituent d'excellents points de repère, citons essentiellement ceux de J. Flük, A. Branger et F. Haldreich, H. Riedelburg et S. Meyer, R. Paeppe, J. Sommè, J. P. Lautridou, J. S. Kuyk et J. M. Bisschop, G. Haase et R. Bush, A. Conée, I. K. Ivanova, M. F. Veltitch, A. Veltitchko.

Dans ce même ouvrage, J. Flük présente une méthode uniformisée pour la représentation et la symbolisation des schémas des coupes de loess, prévoyant deux profils : un profil géologique et un profil pédologique.

Enfin, tout récemment, en 1970, un colloque sur les paléosols a permis aux chercheurs français de faire le point de leurs travaux dans ce domaine. En ce qui concerne les formations limoneuses il convient de rappeler les communications suivantes :

- J. P. Lautridou analyse une coupe stratigraphique typique des loess de Normandie et conclut à la présence de quatre niveaux anciens, chacun caractérisé par un paléosol : deux loess rissiens et deux loess mindeliens.

- M. Ligot décrit les principaux paléosols quaternaires observés au nord des Alpes : sol brun à brun lessivé à l'interglaciaire Riss/Würm, sols marmorisés dans les niveaux les plus anciens. Ce travail très intéressant s'intègre dans la coordination générale des loess d'Europe occidentale.

- A. Conée et H. Bernard, sur la base d'une cartographie pédologique détaillée, montrent l'importance que peut prendre l'étude des paléosols dans l'étude des formations quaternaires très disséquées de la vallée du Rhône.

Le premier processus que nous serons amené à étudier est celui de l'altération du loess et de sa transformation en un matériau plus argileux. Il s'agit donc des mécanismes de la "lehrification".

Relativement peu de travaux ont été consacrés à ce problème.

En 1942, C. Brajnikov expose succinctement ses conceptions sur la formation du lehm : décarbonatation avec libération de grandes quantités d'électrolytes riches en ions calcium, solubilisation de la silice en milieu alcalin, néoformation d'argile à partir de l'immobilisation du fer et de l'aluminium. Brajnikov observe l'apparition d'un minéral argileux qu'il nomme "minéral E" et qui constitue vraisemblablement une beidellite ferrière. Une décalcification et désaturation provoqueraient ensuite un déséquilibre entraînant la destruction des premiers produits et de nouvelles néoformations argileuses.

J. Malterre (1946), dans son travail sur les limons du bassin de Paris, ne donne que très peu d'explications sur l'altération proprement dite. La "terre à brique" serait issue du loess par simple décarbonatation, le processus d'illuviation intervenant immédiatement.

R. Dudal (1953), en décrivant le stade sol brun de sa séquence, écrit simplement que, simultanément à une décarbonatation partielle, les minéraux de la roche-mère s'altèrent par hydrogénéation et hydrogénéation, en faisant référence à W. Laatsch (1944). La flocculation de composés de la silice et de sesquioxides, en présence de cations bivalents, fournirait de l'argile de néoformation. Enfin, la couleur brune des niveaux altérés serait due à l'influence d'oxydes de fer libérés.

G. Millot, Th. Camez et P. Vernet (1957), en étudiant l'altération des loess en lehm, traitent exclusivement des modifications dans la nature des constituants minéraux. Les auteurs considèrent que l'altération provoque une fragmentation des minéraux argileux, les parties les plus petites étant les plus sensibles à un lessivage. Ils indiquent une ouverture des feuillets et l'apparition de minéraux interstratifiés.

Les travaux de l'école de l'Université de Göttingen nous semblent les plus fondamentaux. Exposées successivement en 1960, 1962 et 1969, les études de F. Schäffer, Z. Heyer et H. Gebhard concernant l'altération des loess peuvent être résumées comme suit. Les matériaux loessiques évoluant essentiellement en milieu non confiné, les néoformations ne pourraient être que réduites, sauf éventuellement dans des zones soumises à un engorgement temporaire ou permanent. L'influence des conditions périglaciaires - cryoclastiques serait prépondérante pour la préparation des matériaux à une fragmentation mécanique. Des phénomènes d'altération, notamment des minéraux micacés, seraient cependant à même d'intervenir.

Enfin, en 1967, K. Zettl et H. Kussmaul, travaillant sur des colonnes de sol, et étudiant un bilan d'évolution par lessivage, ont pu effectuer une estimation précise de l'altération de matériaux loessiques.

La quantité d'argiles néoformées correspond sensiblement à la diminution de teneur en limons fins, c'est-à-dire de dimensions comprises entre 2 et 20 microns.

L'ensemble des travaux que nous venons d'évoquer brièvement nous a permis d'orienter le premier volet de notre recherche, à savoir la caractérisation précise des matériaux limoneux dans lesquels les sols se sont développés, ainsi que les premières phases de leur évolution.

Dans le domaine de la stratigraphie des loess nous nous sommes essentiellement basés sur les travaux de F. Bordes dans le bassin de la Seine en faisant cependant références à ceux de J. P. Lautridou et des autres bolzes. Nous adopterons donc le principe des deux cycles principaux de sédimentation loessique : cycle récent subdivisé en trois parties : Würm III - Würm II - Würm I, et cycle ancien. Ces deux ensembles étant séparés par l'important interglaciaire Riss/Würm.

En ce qui concerne les tous premiers stades d'altération primaire d'un matériau loessique en place, deux notions fondamentales sont généralement présentées pour expliquer l'augmentation du taux d'argile observé :

- *neoformation* de minéraux secondaires par altération géochimique des minéraux primaires.
- *microdivision* mécanique de certains fragments présents dans le matériau original.

Le problème restant en suspens, nous tenterons d'apporter nous-mêmes une contribution à la connaissance des premiers processus intervenant dans l'altération des loess.

⌘

⌘

⌘

3.3. LES MATERIAUX - LA COUVERTURE LOESSIQUE

Nous allons détailler dans ce chapitre l'ensemble des observations et des données que nous avons pu recueillir sur les différents types de matériaux originels loessiques rencontrés.

Le recouvrement limoneux loessique qui nous intéresse est sensiblement hétérogène quant à sa nature, son âge, son degré d'évolution.

En ce qui concerne la définition du loess, nous retiendrons celle proposée par la commission de terminologie des limons de l'Association des géologues du Bassin de Paris (1969) : "Formation limoneuse d'origine éolienne, appartenant à un cycle morphogénétique de climat froid et aride dont les modalités varient en fonction des conditions climatiques régionales".

La même commission a mis en évidence la grande disparité des conceptions pour une définition du terme "lehm". D'une manière générale, nous entendons par "lehm" un matériau résultant de l'altération du loess. C. Manil (1969) a tenté de proposer une définition plus fondamentale : "Processus pédogénétique amenant une certaine ségrégation (authigène ou alloïgène) d'argile dans un matériau meuble, sous la forme de masses peptisées plus ou moins volumineuses. Ségrégations authigène et alloïgène peuvent coexister".

Les loess de Picardie et du Soissonnais paraissent être des matériaux du Pléistocène tout à fait supérieurs, c'est-à-dire appartenant aux sédimentations terminales du cycle du loess récent (P. Tavernier, 1948 - F. Bordes, 1954).

Les couvertures du socle ardennais et de la Thiérache d'une part, celles du Tardenois et de la Haute-Brie d'autre part, apparaissent comme étant beaucoup plus hétérogènes et probablement plus anciennes.

De l'ensemble de nos résultats, il apparaît que les dépôts récents présentent des teneurs en argile et en calcaire plus élevées que les limons correspondants du nord-ouest de la France et de Belgique, ce qui pourrait correspondre à un dépôt éolien plus éloigné du lieu d'origine. Ceci confirmerait un certain nombre d'observations effectuées antérieurement (C. Joret, 1932 - P. Tavernier, 1946 - J. Vandamme et al., 1965).

La teneur en argile des loess calcaires varie entre 13 et 18 %, valeurs sensiblement plus élevées que celle des loess situés plus à l'ouest (J. P. Lautridou, 1969), la teneur en CaCO_3 étant voisine de 14 %. Les "lehms" observés ont 20 à 22 % de leur répartition granulométrique situés sous 2 microns. Nous notons dans ces formations un rapport limon grossier/limon fin (20-50/2-20 microns), de l'ordre de 2 et souvent supérieur 2,5 à 3,5. Leur altération semble peu poussée, la capacité d'échange cationique de l'argile y est de 50/55 meq..

L'"ergeron" calcaire n'apparaît cependant le plus souvent qu'assez profondément dans les profils peu érodés.

On note en Soissonnais, au niveau de la surface structurale du calcaire grossier, une influence assez marquée des formations sableuses tertiaires amenant une teneur plus élevée en sable fin. Une certaine discontinuité entre les matériaux lehmifiés de surface et les dépôts loessiques sous-jacents y est d'autre part fréquemment observée.

La zone de transition entre les loess de Picardie et le secteur très important de recouvrement sableux éolien situé en bordure de la Champagne permet de déceler l'allure générale d'une courbe de sédimentation éoliennes très typique, comme le suggère clairement la figure 7 située en deuxième partie de ce travail.

Le sud de la région étudiée, Tardenois et Haute-Brie, possède des couvertures loessiques que nous considérons comme plus anciennes, conformément d'ailleurs à certaines données fournies par les géologues et géographes du Quaternaire (A. Cailleux, 1954 - J. Tricart, 1956). Elles sont dépourvues de carbonates et paraissent avoir fait l'objet d'une altération plus poussée, les "lochms" ont une teneur en argile comprise entre 25 et 30 %, le rapport LG/LF est fréquemment inférieur à 1,5 et la partie superficielle est fortement évoluée. Nous n'y avons jamais observé de loess calcaire en profondeur. La capacité d'échange de la fraction argileuse présente des variations importantes : 30 méq. en surface et 50/55 méq. dans les matériaux sous-jacents, ceci vraisemblablement, comme nous le verrons plus loin, sous l'influence de processus pédogénétiques.

Les couvertures de surface peuvent surmonter des niveaux limoneux où des évolutions d'un type différent paraissent avoir joué, les teintes rougeâtres typiques de développements anciens s'y observent en effet assez souvent, ainsi que des figures d'hydromorphie particulières.

La partie septentrionale, au demeurant tout aussi complexe, nous pose des problèmes d'un autre ordre. La présence d'une couverture limoneuse d'apport vraisemblablement assez récent, postglaciaire, y est fréquente. Peu épaisse, quelques dizaines de centimètres, elle semble avoir été relativement peu affectée par les processus d'évolution pédologique.

Nous pensons que ce recouvrement serait issu de phénomènes locaux d'érosion et de redistribution. Sous ce voile, discontinu cependant, apparaît un limon plus ancien, beaucoup plus évolué, reposant fréquemment lui-même sur des formations limoneuses rougeâtres plus riches en argile. Le rapport LG/LF est là de l'ordre de 1,5 ; la capacité d'échange de l'argile des formations récentes est le plus souvent comprise entre 45 et 60 méq.. Une caractéristique fréquente est l'apparition de phénomènes liés aux conditions périglaciaires, et qui sont essentiellement localisés au contact entre le recouvrement récent et les limons plus anciens. Ils sont de natures diverses : involution, cryoturbation, présence de petits blocs bien individualisés qui, gelés à l'époque, auraient été repris dans une matrice limoneuse soumise à la solifluxion.

La démarche ayant permis de préciser suffisamment les propriétés des principaux matériaux originels limoneux découle de nombreuses observations de coupes de carrières et profils profonds ayant donné lieu à des corrélations. D'autre part, les sondages profonds réalisés systématiquement en cours de cartographie ont complété le premier réseau de manière particulièrement satisfaisante.

L'objet de ce chapitre étant essentiellement de présenter les matériaux en tant que tels, l'accent sera naturellement mis sur une caractérisation sédimentologique et stratigraphique, notre but étant de faire apparaître les grandes unités limoneuses. Les descriptions morphologiques seront volontairement succinctes, de nombreux détails apparaissant dans le paragraphe suivant décrivant les différents sols.

Pour donner une idée suffisamment claire de la couverture limoneuse de notre domaine d'étude nous décrirons tout d'abord (3.31.) quelques coupes caractéristiques de la région étudiée : localisation - description succincte - données analytiques : granulométrie, teneur en calcaire, pH, capacité d'échange de l'argile, fer libre, minéraux lourds. Certains résultats seront présentés graphiquement : teneur en argile, en calcaire, rapport limon grossier / limon fin, courbes cumulatives semi-logarithmiques de la granulométrie de certains échantillons, comptages de minéraux lourds. En ce qui concerne cette dernière technique, les interprétations tiendront

compte des possibilités d'altération de certains minéraux au cours de l'évolution, comme l'ont fait remarquer H. Washer et al. dès 1947, et plus récemment G. Socquier (1971). Ces données seront complétées par un schéma de la coupe établi selon les normes préconisées par l'I. N. Q. U. A. (J. Fink, 1969). Les discontinuités lithologiques, ainsi que les horizons "diagnostiques" pédologiques que nous avons pu observer seront mentionnés.

Les discontinuités lithologiques ont été mises en évidence d'une part par l'analyse de l'évolution de la granulométrie : étude de la variation de la teneur en argile, de celle de certains indices granulométriques comme le rapport limon grossier/limon fin, comparaison de courbes cumulatives, d'autre part par des critères minéralogiques ou occasionnellement chimiques. Ces discontinuités ont été confirmées par des caractères morphologiques et pédogénétiques : structure, couleur, revêtements argileux, traces de remaniement...

En ce qui concerne le rapport entre fractions limoneuses, nous verrons que certaines variations sont cependant en relation avec les phénomènes d'altération. D'autre part, la faible quantité de constituants de dimensions supérieures à 50 microns ne nous a pas permis d'envisager de rapports granulométriques tenant compte des fractions sableuses.

La présentation se fera par régions naturelles afin de bien rendre compte de la distribution des unités dans le paysage. Nous traiterons donc successivement les principales régions limoneuses suivantes :

- l'Ardenne
- la Thiérache
- le Marlois
- la Picardie
- le Soissonnais
- la Haute-Eure

Il faut signaler que le Marlois, secteur d'étendue peu importante, sera cependant largement étudié car il représente une unité de transition remarquable à la fois en ce qui concerne la distribution des dépôts loessiques et le développement des sols.

De même sera analysée une coupe en limite de l'Orxois, pour des raisons essentiellement sédimentologiques et stratigraphiques.

L'étude des minéraux argileux des divers niveaux reconnus sera ensuite présentée par régions naturelles (3.32.).

Les différences de composition granulométrique de la couverture limoneuse de surface de l'ensemble de la région étudiée font l'objet du paragraphe suivant (3.33.).

Nous présenterons alors une synthèse concernant la répartition des associations des minéraux lourds dans le manteau superficiel, de manière à mettre en évidence les influences dominantes (3.34.).

Un certain nombre de données complémentaires seront ensuite présentées, qui se rapportent à la composition chimique des loess, et à quelques déterminations palynologiques (3.35.).

Enfin, un dernier point (3.36.) permettra de conclure sur la grande hétérogénéité de la région qui nous occupe et de comparer nos matériaux à ceux d'autres grandes régions limoneuses.

3. 31. ANALYSE DES COUPES CARACTERISTIQUES

Parmi les nombreuses coupes, tranchées profondes ou fronts d'exploitation, observées, décrites et analysées dans le domaine limoneux que nous avons étudié, douze ont été retenus pour être présentés dans ce travail.

- | | | |
|----------------------|------------|---------------------|
| - ARDENNES | - Coupe 1 | - Macquenoise |
| | - Coupe 2 | - Saint-Michel |
| - THIERACHE | - Coupe 3 | - Le Nouvion |
| - MARLOIS | - Coupe 4 | - Marle |
| - PICARDIE | - Coupe 5 | - Pargny |
| - SOISSONNAIS | - Coupe 6 | - Saint-Quentin |
| | - Coupe 7 | - Vermand |
| - SOISSONNAIS/ORMOIS | - Coupe 8 | - Vorges |
| - HAUTE-BRIE | - Coupe 9 | - Craonne |
| | - Coupe 10 | - Villers Cotterêts |
| | - Coupe 11 | - Le Tillet |
| | - Coupe 12 | - Sablonnière |

La présentation des coupes se fera systématiquement de la façon suivante : localisation - description succincte - données analytiques simplifiées - commentaires.

Chacune sera illustrée par les graphiques suivants :

- représentation schématique selon les normes préconisées par l'I. N. Q. U. A.
- répartition de l'argile 0-2 µ en fonction de la profondeur (trait plein), éventuellement du calcaire (tireté)
- variation du rapport limon grossier (20-50 µ) / limon fin (2-20 µ) en fonction de la profondeur
- diagrammes de fréquence des minéraux lourds pour les niveaux les plus importants : T = Tourmaline, Z = Zircon, R = Rutile, M = Minéraux de métamorphisme, G = Grenat, E = Epidote, H = Hornblende
- courbes granulométriques cumulatives pour certains niveaux caractéristiques.

Coupe 1. - ARDENNES - MACQUENOISE

Coordonnées : x = 730.650 y = 252.210 z = 278 m.

Cette coupe a été observée après creusement d'une profonde tranchée en forêt, en bordure de la route Hirson-Macquenoise, et caractérise la couverture limoneuse reposant sur le socle primaire de la plate-forme ardennaise, constitué par les schistes et grès de Revin.

Description succincte.

0 - 50 cm	Partie supérieure d'un sol brun lessivé à pseudogley - Horizon humifère surmontant un horizon appauvri - Limon moyen, brun foncé : 10 YR 4/3 à brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Teneur en matière organique importante en surface - Taches de rouille assez nombreuses - Structure grumeleuse à granulaire - Friable - Limite distincte et ondulée.
A ₁ + A ₂	
50-100	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Taches d'oxydo-réduction nombreuses - Structure polyédrique angulaire à subangulaire - Revêtements argileux - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
B ₂ tg	
100-130	Horizon de transition - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Taches d'oxydo-réduction - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux moins nombreux - Ferme - Limite graduelle et régulière.
B ₃ g	
130-150	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/8 à taches disséminées brun jaune clair : 10 YR 6/4 - Structure polyédrique peu développée - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
C	
150-200	Limon moyen à argileux, brun vif : 7, 5 YR 5/8 - Taches d'oxydation ocre-rouge : 5 YR 4/6 - Structure peu développée, assez perturbée : polyédrique à lamellaire - Traces de remaniements - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
II	
200-220	Limon peu argileux, brun franc : 7, 5 YR 5/4 - Structure peu développée - Présence de petits blocs plus consistants, de quelques mm - Assez friable - Limite distincte et régulière.
III	
220-310	Horizon fortement structuré - Limon argileux, brun franc : 7, 5 YR 5/6 - Taches d'hydromorphie - Structure polyédrique angulaire - Ferme - De moins en moins développée vers le bas - Limite graduelle et régulière.
III (B)gb	
310-350	Transition, niveau hétérogène - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Peu structuré - Quelques petits cailloux - Assez ferme - Limite distincte et ondulée.
IV	
350-400	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure polyédrique peu développée - Assez ferme.
IV	

Données analytiques.

Les principales discontinuités sont fort bien mises en évidence par la variation du rapport des fractions limoneuses. Hormis la partie inférieure du sol superficiel, la texture se maintient près de 25 % d'argile ; la teneur en éléments sablo-sables est particulièrement faible, comprise entre 3 et 5 %.

Les courbes cumulatives montrent la répartition des deux principaux matériaux, I et III.

Le pH, de 4,2 en surface reste inférieur à 4,7 jusqu'à 2 m, puis est pratiquement égal à 5 jusqu'au bas de la coupe. La C. E. C. de l'argile, relativement faible en surface du fait de l'évolution pédogénétique, est ensuite voisine de 45/50 meq. sur l'ensemble de la coupe. Les teneurs en fer libre, comprises entre 1,5 et 2,1 dans le matériau de surface, passent pratiquement à 3 dans le matériau III.

En ce qui concerne les minéraux lourds on remarque essentiellement l'inversion du rapport Zircon/Epidote en fonction de la profondeur, et la présence de hornblende dans les niveaux supérieurs. Les minéraux ubiquistes sont présents partout, ceux de métamorphisme s'observent dans les niveaux I et III, pas en IV. On n'observe dans ce derniers ni chloritoïde, ni hornblende. Une différence marquée apparaît donc entre les matériaux III et IV.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	U	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurolite	Dysthène	Gillmanite	Grenat	Zoisite	Clinozonite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelle	Apatite	
I - 120 - 140	4	27	12	4			1		2	1				2	3	39				2	+			
III - 240 - 300	3	15	15	2	1		1		2	+				3	3	20			1	1				
IV - 375 - 390	2	58	17	3	+				+	2	+			1		15					1			

Commentaires.

On constate en fait la présence de deux dépôts bien différenciés par un ensemble de caractères essentiellement pédogénétiques : I et III. Nous verrons que la couche de surface semble être assez altérée et marquée par des phénomènes liés à une redistribution dans le paysage.

Les traces de remaniements au contact II/III sont constituées par de petites involutions, la présence de liserés plus sombres ou appauvris en argile. Les petits blocs du niveau III 200-220 sont vraisemblablement dus à l'action gel/dégel en conditions climatiques périglaciaires. Enfin, la structure de la couche 220-310, ainsi que la couleur, caractérisent ce niveau comme horizon (B).

Il nous semble possible d'interpréter cette coupe comme la superposition de deux sols séparés par des produits de remaniement par érosion locale et déplacements.

Coupe 2. - ARDENNES - SAINT-MICHEL

Coordonnées : x = 753.750 y = 249.220 z = 255 m.

Tout comme pour la coupe précédente, les observations ont été effectuées dans une tranchée profonde creusée à cet effet. Située en forêt domaniale de Saint-Michel, elle précise également l'importance du dépôt limoneux recouvrant la surface d'érosion caractéristique le socle ardennais, ici également représenté par le Ravinien.

MACQUENOISE

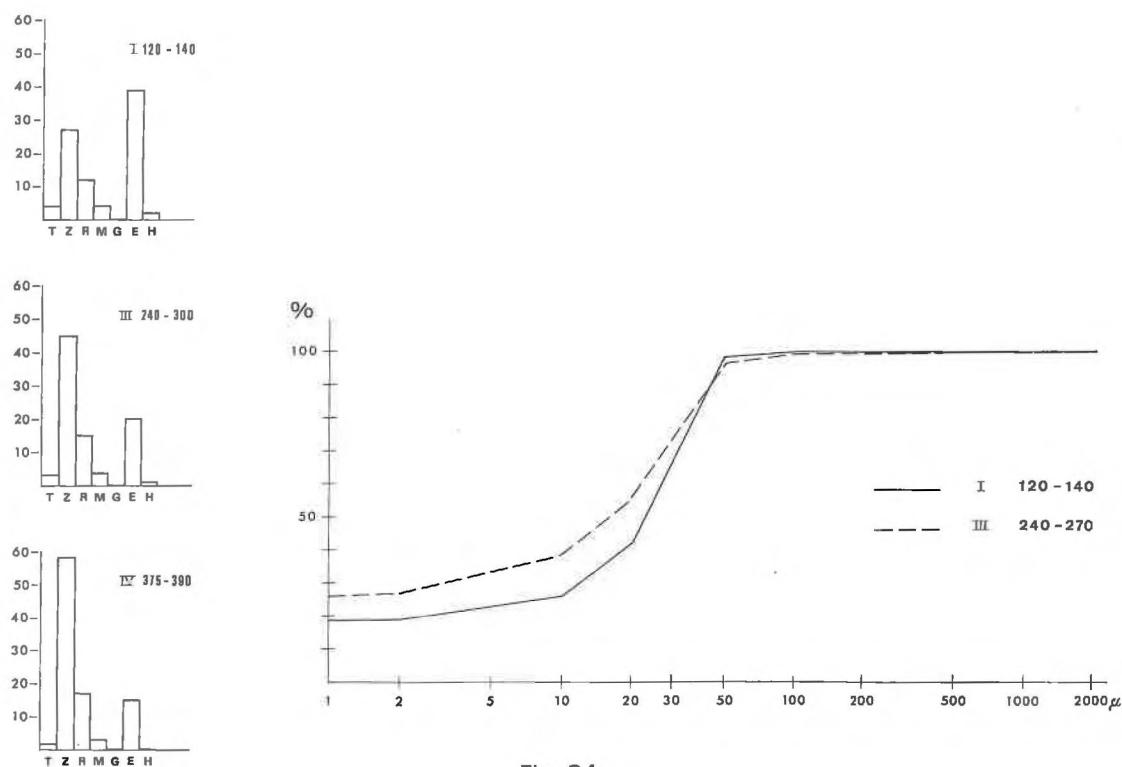
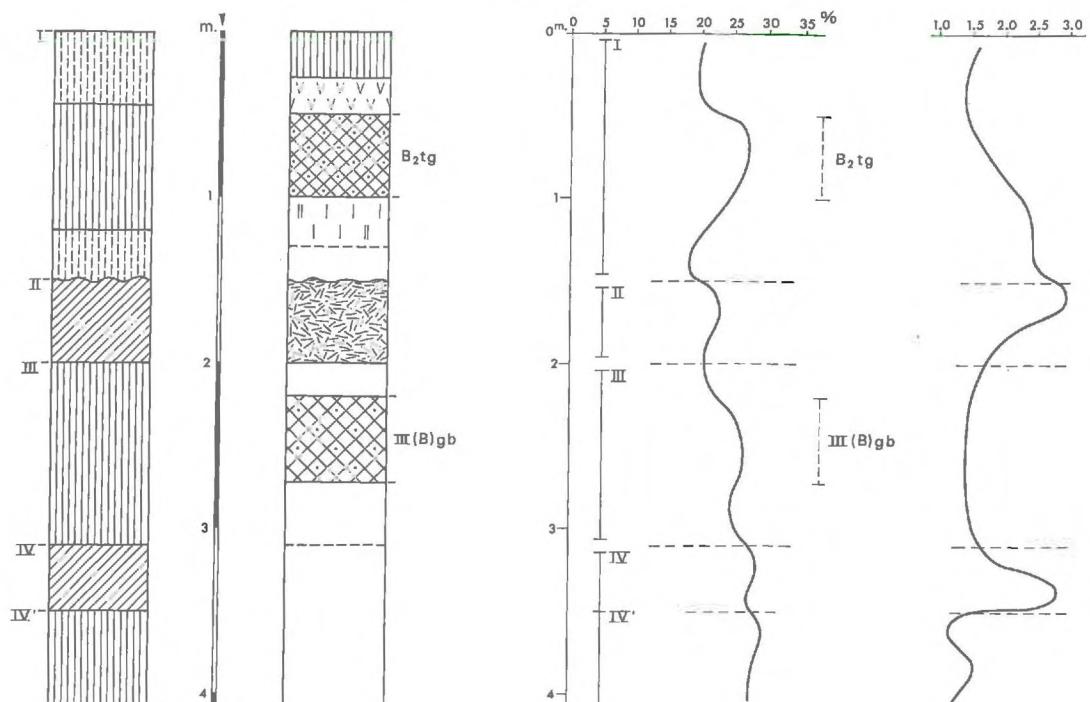


Fig. 24

Description succincte.

0-50 cm	Horizons humifères et lessivés d'un sol à pseudogley - Limon moyen, brun gris foncé : 10 YR 4/2 puis brun clair - Teneur en matière organique importante, particulièrement en surface - Structure grumeleuse à polyédrique subangulaire - Friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
50-100 B ₂ tg	Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 à brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Traces d'hydromorphie assez marquées - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux - Friable à ferme - Limite diffuse et régulière.
100-140 B ₃ + C	Horizon de transition - Limon argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Taches de réduction : 10 YR 6/3. et taches de rouille - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux peu nombreux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière
140-170 I	Limon moyen, brun jaune clair : 10 YR 6/6 - Quelques taches d'oxydo-réduction disséminées - Structure polyédrique à granulaire - Friable à ferme - Limite distincte et assez régulière.
170-200 II	Limon moyen à argileux, brun jaune à brun franc : 10 YR 5/6 à 7 5 YR 5/6 - Traces de redistribution - Quelques prisolithes ferrugineux - Pseudogley assez bien contrasté - Structure polyédrique subangulaire peu développée - Assez friable - Limite distincte et régulière.
200-250 II (B)gb	Horizon fortement structuré - Limon argileux, brun franc à brun jaune : 7. 5 à 10 YR 5/6 - Traces d'hydromorphie - Structure polyédrique angulaire - Ferme - Limite graduelle et régulière.
250-330	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Structure massive à grossièrement prismatique - Assez ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
330-400 III	Limon fortement argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Quelques taches d'oxydo-réduction - Structure polyédrique faiblement exprimée - Ferme

Données analytiques.

Les discontinuités, moins nettement mises en évidence que dans la coupe 1, sont cependant bien visibles sur la courbe de distribution de l'argile. Notons la teneur relativement élevée en argile du matériau III ; la teneur en sables y est analogue, très faible, moins de 5 %.

Les courbes cumulatives permettent de dissocier légèrement le matériau III des deux supérieurs.

La variation du pH est progressive, compris entre 4,5 et 5,0 dans le matériau I, il varie ensuite entre 5,3 et 5,8 en profondeur. La C. E. C. de l'argile présente une valeur assez constante en profondeur : 50 à 55 méq., elle diminue dans le matériau I, de bas en haut, de 45 à moins de 30 méq., en liaison avec l'évolution pédogénétique. La teneur en fer libre est comprise en surface entre 1,5 et 2,2 %, elle s'élève en profondeur dans les matériaux II et III jusqu'à 2,5 et 2,7.

Peu de différences notables sont fournies par la comparaison des minéraux lourds des deux échantillons prélevés.