

Horace Bertouille
Caen

QUATERNNAIRE DE L'ARTOIS (FRANCE)

Abstract

In the Artois country (185 km North from Paris), there are Quaternary deposits overlying the Landenian (Lower Eocene) outliers; some of them may be very old. There is a stratigraphic gap between them and others more recent (three superimposed Riss and Würm loess).

Owing to a stratigraphic study, paleosols and cryergic phenomena may be observed and relatively dated; chemical deposits produced under periglacial conditions occur and are discussed.

Archaic man's industries are described and at the end of this work, there is an attempt of climatic and topographic reconstitution.

Cette étude sur le Quaternaire de l'Artois constitue la seconde partie d'une Thèse de Doctorat soutenue en Juin 1963 à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris et ayant pour titre: Landénien et Quaternaire de l'Artois.

Pour plus de détails sur le substratum éocène et sur la stratigraphie en général, nous renvoyons le lecteur à la première partie de cette thèse (A paraître).

SITUATION — DESCRIPTION DES COUPES

SITUATION GÉOGRAPHIQUE — TOPOGRAPHIE

La région faisant l'objet de cette étude est située à 185 km au Nord de Paris et limitée au quadrilatère formé pour les villes de Béthune, Bruay, Allouagne et Chocques soit sensiblement au rectangle ayant pour coordonnées dans le carroyage kilométrique des projections Lambert de la carte au 1/20 000e, feuille de Béthune (Pas-de-Calais) n° 1—2, les cotes suivantes: N.S. — 430/423, E.W. — 138/130 (Fig. 1).

Elle est constituée par 2 buttes témoin de sable Landénien (Paléocène) sises à l'extrémité S. W. du bassin tertiaire Belge, reposant sur la pénéplaine crétacique des Flandres, flanquées à l'Ouest

contre la cuesta artésienne qu'elles dominent de quelque 20 m portant le point culminant de la région à 95 m pour se fondre au Nord et à l'Est dans le Bas-Pays, vaste plaine marécageuse des Flandres Françaises dont l'altitude est, au point qui nous intéresse, inférieure à 20 m.

SUBSTRATUM LANDÉNIEN (PALÉOCÈNE)

Dans les dépôts Landéniens qui constituent nos buttes témoin, nous retrouvons les 2 assises classiques: à la base — Landénien marin, au sommet — Landénien continental.

A. Landénien marin

Dans cette assise on observe de bas en haut:

1 — S1 — Sablon marin siliceux, glauconifère extrêmement évolué. Formation littorale de marais maritime avec période d'exondation terminale probablement phase régressive d'une transgression marine limitée à la crête crétacique toute proche.

2 — S2 — Sable marin glauconifère, éolisé: faciès dunaire d'une nouvelle transgression marine.

3 — Parallèlement aux 2 précédents et les remaniant, faciès fluvio-marin de delta immergé avec stratifications où dominent tantôt les apports terrigènes tantôt les éléments d'une mer en régression vers le nord.

B. Landénien continental (voir fig. 14)

A la suite du retrait de la mer, le delta immergé a donné naissance à un delta vrai émergé avec dépôt d'un sable blanc, continental appelé „Sable d'Ostricourt” que nous retrouvons sous les formes suivantes:

1 — S3 — sable légèrement éolisé, transport éolien à partir des dépôts fluviatiles *sensu stricto*

2 — S3R — éolisation du précédent trié et façonné davantage.

3 — Faciès lagunaire, grès tendres avec traces d'une activité biologique importante.



Fig. 1. Situation géographique

FORMATIONS D'AGE INCERTAIN

Le sommet des sables d'Ostricourt a été le siège d'une pédogénèse prolongée en climat tropical ayant laissé pour traces 2 podzols superposés avec horizons (A) violet humique et (B) aliotique. Tronqués en biseau vers la vallée, ces horizons mettent en évidence un abaissement du niveau des rivières jusqu'à l'altitude 60 m au moins avant le dépôt des couches suivantes: de bas en haut:

- A — sable limoneux à concrétions ferrugineuses,
- B — argiles dites d'Orchies, E. IV de la carte géologique.

Gosselet à qui nous devons ce document, voyait dans cet ensemble la suite normale du Landénien soit le Sparnacien (= Yprésien inférieur, éocène). La période continentale ayant provoqué le dépôt des sables d'Ostricourt, se serait prolongée assez longtemps pour permettre à la végétation d'élaborer les paléosols que nous retrouvons au sommet de ces sables. Une période humide, érosive, peut être accompagnée de basculements ou d'effondrements aurait alors causé l'abrasion en biseau des couches pédologiques et la formation de lagunes dans lesquelles se seraient déposés les sables à concrétions et les argiles d'Orchies, tous deux sparnaciens. C'est là, façon de voir *a priori*, très logique mais que divers faits viennent mettre en doute, en particulier:

- (a) présence de fentes de froid profondes, prenant naissance dans les podzols,
- (b) localisation de grès striés par grippage dans ces couches pédologiques,
- (c) présence à la base des sables limoneux à concrétions et des argiles d'Orchies réputés Sparnaciens de galets de sable d'Ostricourt pulvérulent dont on ne conçoit pas l'existence et le maintien, si ce n'est dans un état d'induration momentané que seul semble-t-il, le gel puisse lui conférer.

Devant ces faits, nous avons suggéré que podzols et terrains classés dans le Sparnacien pourraient appartenir à un Quaternaire très ancien. C'est là une simple hypothèse demandant vérification.

ÉTUDES LOCALES DES DÉPOTS QUATERNAIRES

La nomenclature des différentes couches de terrain est donnée de bas en haut et pour définir les teintes nous avons utilisé les sigles de la Munsell Soil Color Charts.

N° 2 — *Sablière Lanfant à Lapugnoy*

Altitude au sommet 75 m (Fig. 2).

A. Coupe CC. de direction NW—SE au cœur de la butte Nord
Substratum:

Superposition des 3 variétés de sable Landénien S1—S2—S3.

9 — Ce dernier (10) est surmonté par un dépôt de sable éolisé S3R ferruginisé, la transition se fait par une alternance de minces lits des sables S3 et S3R parfois colluvier.

Formations d'âge incertain:

8 — Coulée horizontale d'une boue rouge sombre 10 R—3/6 paléosol démantelé contenant des galets mous de sable violet pulvérulent 0,05 à 0,20 m

7 — Sable limoneux à concrétions ferrugineuses renfermant à la base de gros galets de paléosol violet 1,75 m

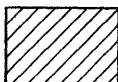
6 — Argile dite d'Orchies 5,00 m

Quaternaire: Wurm:

1 — Coulée de solifluxion à base de lehm récent W II avec cailloutis de silex gelivé, affectée de pseudogley par hydromorphie de surface 0,50 m



Loess récent avec son lehm d'altération



Argile ou limon ancien



Cailloutis



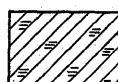
Sable



Grès



Limon sableux



Paléosol

Légende des coupes de terrain

En CC — superposition des formations d'âge incertain; en BB — raniveaux, solifluxion du Wurm inférieur fossilisés par les loess W I et W II sur le flanc de la vallée

B. Coupe BB, parallèle à la précédente sur le versant de la vallée:

5 — Le substratum Landénien S3 est affecté au sommet d'une ferruginisation en bandes horizontales qui s'accentue de bas en haut pour finalement devenir homogène dans une couche de sable éolisé Mindel—Riss S3R1, reliquat de l'horizon B d'un paléosol de même âge.

Il contient des fentes de gel en coin, probablement Rissiennes et sa surface supérieure est entaillée de ravineaux au profil anguleux pouvant atteindre 1 m de profondeur et 2 m. de largeur avec pavage sporadique de silex gélivés et injections de cailloutis soliflués, traces laissées dans le pergélisol le long de son parcours par la solifluxion ayant amassé la base des dépôts Wurm sur les bas niveaux.

Wurm:

4 — Loess inférieur W I avec pouées calcaires, pseudomycélium, traces de lehm compact 1 m

3 — Less moyen W II entièrement lehmifié, pseudogley par hydromorphie de surface 2 m

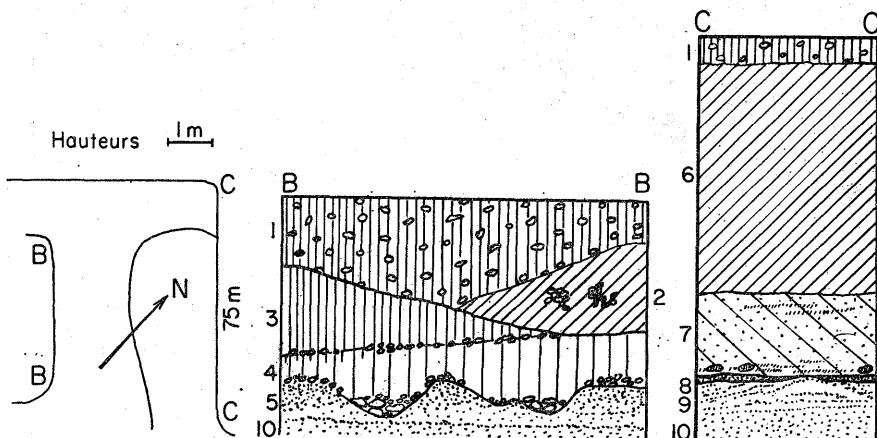


Fig. 2. Sablière Lanfant à Lapugnoy

Nota: Pour les N°s des couches de terrain se reporter à la description: Chapitre I—IV: Etudes locales des dépôts quaternaires

2 — Couche d'argile d'Orchies localisée contenant des loupes de silex et sables, reprises de dépôts antérieurs 2 m

1 — Dépôt soliflué à base de lehm W2 non lessivé contenant des silex fracturés par le gel, pseudogley dans toute la masse 1,50 m

N° 2 — Sablière Delotte à Lapugnoy

Altitude au sommet 92 m (Fig. 3).

A. Coupe ABC au coeur de la butte Sud.

Substratum:

Le sommet du Landénien présente une alternance de sable des types S3 et S3R en stratification horizontale ou entrecroisée. Il supporte sur une épaisseur de 3 m, deux paléosols podzoliques de climat tropical, superposés composés comme suit:

1er. Podzol à enracinement profond:

— Horizon A1, de couleur violette due à des composés humiques.

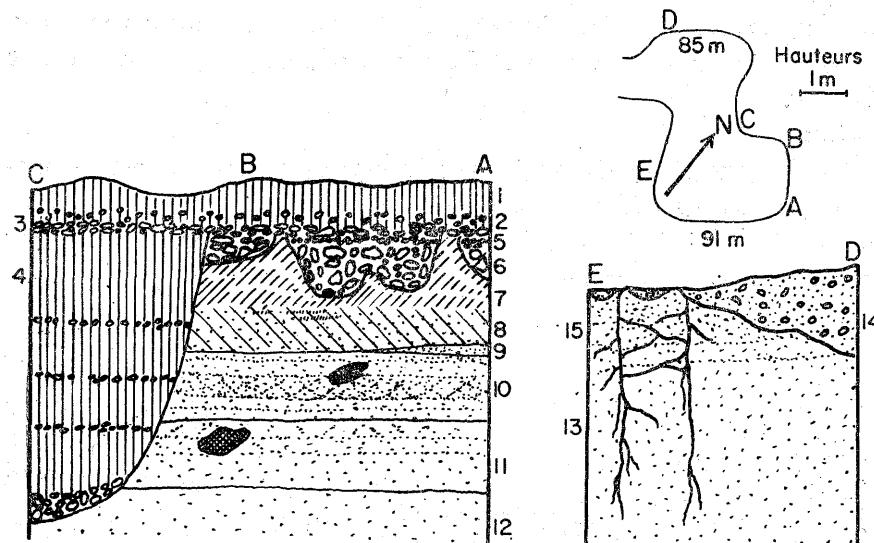


Fig. 3. Sablière Delotte à Lapugnoy. Point culminant de la région
 Coupe AB — superposition des paléosols violettes, des sables et argiles d'âge incertain.
 En BC — thalweg Wurm comblé par du lehm. En DE, en bordure de la vallée, fentes de froid formant réseau maillé vertical dans du sable éolisé, ferruginisé
 Mindel — Riss

— Horizon A2, lessivé de couleur blanche.

— Horizon B, accumulation ferrugineuse aliotique 1,50 m
 2ème. Podzol superficiel développé sur l'horizon A1 du précédent
 devenu horizon C (roche mère):

— Horizon A2, blanc lessivé 0,20 m

— Horizon B, encroûtement, ferrugination du sommet de l'horizon A1 du 1er. podzol.

Les couches contiennent des grès mamelonnés parfois énormes

du Landénien continental portant de nombreuses stries et cannelures superficielles, elles sont en outre affectées d'un premier réseau de fentes de froid septiformes; profondeur: 1,20 m

et d'un second réseau de fentes en coin à remplissage sableux, profondeur: 6,00 m

Formations d'âge incertain:

- | | |
|--|--------|
| 8 — Sable limoneux à concrétions ferrugineuses | 1,50 m |
| 7 — Argiles d'Orchies, creusées de poches hémisphériques de plusieurs mètres de diamètre | 2,00 m |

Quaternaire ancien:

- | | |
|---|--------|
| 6 — Coulée de solifluxion: silex sénoniens peu fracturés, peu roulés, généralement sans patine emballés dans un limon sableux à base d'argile d'Orchies mal délavée | 2,00 m |
|---|--------|

- | | |
|---|--------|
| 5 — Coulée semblable à la précédente mais avec cailloutis plus petits | 0,30 m |
|---|--------|

Wurm:

- | | |
|--|---------|
| 4 — Remplissage d'un <i>Thalweg</i> par un <i>Lehm</i> présentant à la base un épais pavage de silex fracturés et subdivisé en 4 divisions mineures par de légers cailloutis horizontaux | 10,00 m |
|--|---------|

- | | |
|---|--------|
| 3 — Coulée solifluée entièrement lessivée | 0,20 m |
|---|--------|

- | | |
|--|--------|
| 2 — Solifluxion à base de <i>Lehm</i> non lessivée | 0,30 m |
|--|--------|

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 1 — Limon gris cendreux colluvié | 0,75 m |
|----------------------------------|--------|

B. Coupe DE en bordure de la vallée:

15 — Le substratum Landénien S3R est affecté d'une ferruginisation qui en bande à la base, devient totale, homogène au sommet, horizon B d'un paléosol Mindel—Riss probable. Il renferme un réseau maillé vertical de fentes du froid ferruginisées vraisemblablement Rissien.

14 — Remplissage sableux avec galets façonnés et éclats cassés, des poches du substratum: éboulis de pente ou solifluxion provenant d'une couche plus ancienne.

N° 3 *Gravière Blond à Lapugnoy*

Altitude au sommet 94 m.

Cette exploitation qui nous livre une coupe semblable à celle AB Delotte, permet d'observer un litage graduel cyclique dans la couche de silex soliflués du Quaternaire ancien dont les lits sont séparés par des lentilles de limon.

N° 4 — Sablière Municipale à Lapugnoy

Altitude au sommet 91,40 m (Fig. 4).

Substratum:

Le sommet du Landénien est composé d'une alternance de lits de sables S3 et S3R avec podzols violets et réseaux de fentes de froid comme à la sablière Delotte.

Quaternaire ancien:

9 — Silex soliflués: gros éléments peu fracturés et peu façonnés.

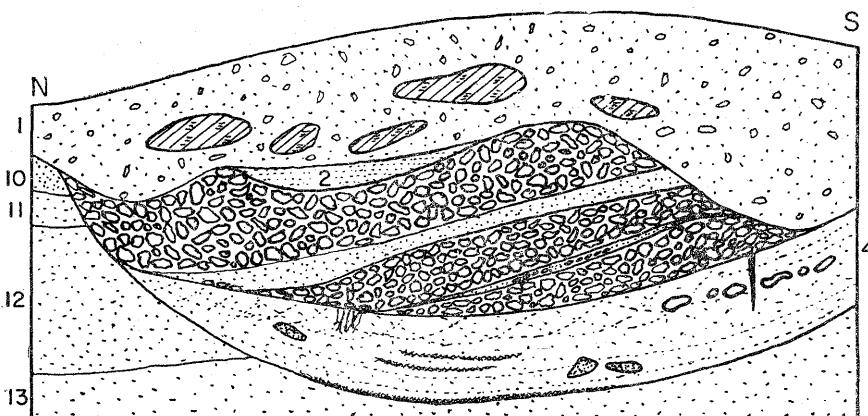
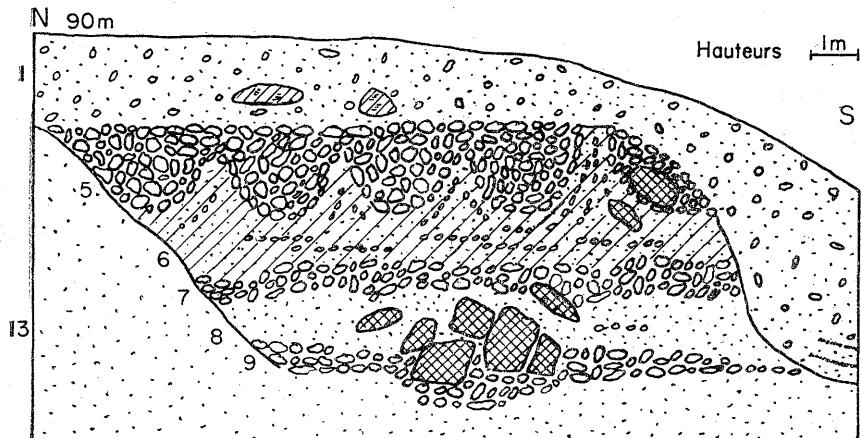


Fig. 4. Sablière Municipale à Lapugnoy. Quaternaire ancien, coulées de solifluxion et poches hémisphériques. Thalweg avec remplissage par éboulis stratifié et sédiment alluvial

nés dans une matrice à base d'argile d'Orchies. Amas chaotiques de grés sporadiques.

8 — Sable roux fortement ferruginisé 0,70 m
 7 — 2ème. dépôt soliflué, semblable à celui du N° 9 0,50 m
 6 — Sable brun stratifié horizontalement par de minces lits de gravier gélivé, passant latéralement à un paléosol panaché rouge 10.R 5/6, affecté de nombreuses fentes de froid de 0,10 à 0,30 m de longueur 1,00 m

5 — Coulée de blocailles correspondant à celle N° 6 de Delotte. Comme celle-ci elle s'insinue en poches hémisphériques dans la couche sous-jacente y provoquant un redressement vertical de la stratification. Ce cailloutis a été abrasé sur les pentes où il ne subsiste que la base des poches hémisphériques 1,50 m

Un sillon important traverse la sablière avec le remplissage suivant:

4 — Dépôt en stratification entrecroisée de sable et parfois d'argile d'Orchies avec ferruginisations et accumulations manganesifères localisées contenant de gros silex et des galets d'aliots et de paléosol violet et supportant de nombreuses fentes de froid de divers types 2,00 m

3 — Eboulis stratifié composé de diverses couches de cailloutis, chacune à litage graduel cyclique séparées le unes des autres par des lits de sable 4,00 m

2 — Colluvion, sable et gravillons en stratification horizontale 0,50 m

Couvrant tout l'ensemble, thalweg y compris:

1 — Eboulis de pente semblable à la couche N° 14 de Delotte, contenant des paquets de paléosols noirs. Il est le siège d'une pédogénèse de sol podzolique sous humus de type Moder, jusque 3 m

N° 5 — Sablière Roussel à Lapugnoy

Altitude au sommet 85 m.

Cette exploitation nous montre la même coupe que celle AB de Delotte à ceci près qu'elle est limitée au sommet par les cailloutis soliflués du Quaternaire ancien (N° 6 Delotte) qui se sont insinués en poches hémisphériques dans les argiles d'Orchies sous-jacentes et, fait intéressant, nous assistons à l'abrasion en biseau vers la vallée jusqu'à disparition des couches pédologiques violettes et aliotiques qui couronnent le Landénien, sous le dépôt des sables et argiles d'âge incertain.

N° 7 — Sablière St-Sauveur à Lapugnoy

Altitude au sommet 75 m.

Le Landénien est surmonté d'une couche de sable éolisé Mindel—Riss S3R1 ayant subi durant cette même période la pédo-génèse ferruginissante caractéristique. Nous sommes sur le parcours des solifluxions Riss et la coupe que nous observons est identique à celle de la sablière Balesdent que nous décrivons ci-après. Nous y retrouvons les mêmes sillons de coulées, les mêmes dépôts soliflués à litage graduel cyclique avec plications et basculements.

N° 8 — Sablière Balesdent à Gosnay

Altitude au sommet 55 m (Fig 5).

Le substratum Landénien dont la surface supérieure est très tourmentée, est surmonté du sable éolisé S3R1 Mindel—Riss avec ferruginisation en bandes au sommet et l'on y décèle de nombreuses fentes de froid de divers types, avec ou sans remplissage, jusqu'à 10 m

Riss:

11 — Sillons de coulée profonds, parallèles de section sensiblement semi-circulaire (5 à 7 m de diamètre) remplis soit par une masse de cailloutis soliflués, homogène à matrice sableuse rouge-jaune 5 YR-5/8, soit par une alternance de lits de cailloux et de sable à litage graduel 2,00 m

10 — Mince lit de limon argileux noir manganésifère 0,05 m

9 — Amas soliflué de silex et de sable 5 YR-5/6, litage graduel cyclique avec intercalation sporadique de lentilles de sable ou de limon en forme de croissant. En bordure marginale de la coulée cette masse se réduit à de minces lits de cailloutis alternant avec d'autres de sable ou de limon plus ou moins colluvier et affectés de petites fentes de gel remplies de gravillon indiquant une reprise du froid entre deux solifluxions. On y trouve aussi des grès Landéniens fracturés, enfoncés dans la masse pâteuse avec déformation des couches adjacentes (Fig. 6) 3,00 m

8 — Solifluxion sableuse ou éboulis de pente identique aux couches N° 14 Delotte et N° 1 Municipale, avec traces de pédo-génèse ancienne. Antérieure au Loess Wurm, elle s'insinue parfois latéralement dans celui-ci, à la suite d'éboulements ou de glissements secondaires. 2,50 m

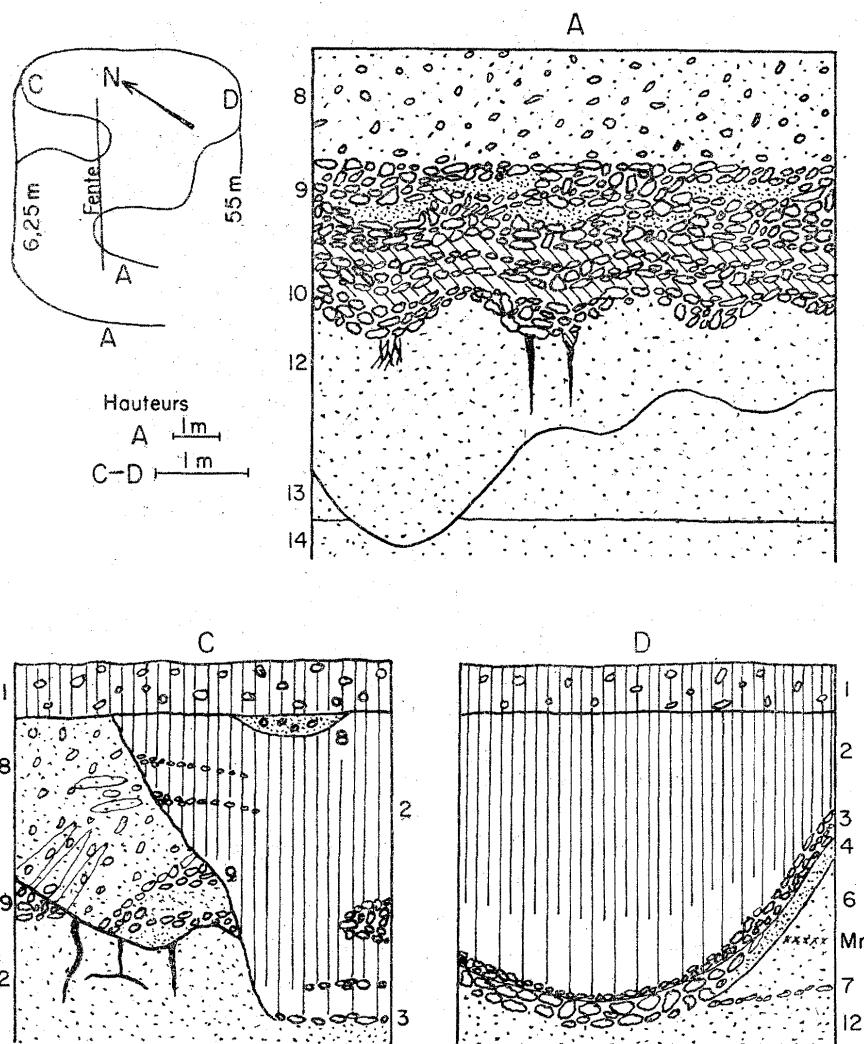


Fig. 5. Sablière Balesdent à Gosnay. Sillons de coulée et dépôts soliflué du Riss moyen sur palier d'épandage. Thalweg avec premier remplissage rissien et second creusement et remplissage Wurm

Un thalweg ayant subi deux creusements et remplissages successifs traverse la sablière dans le sens NW—SE, soit sensiblement perpendiculairement à la valleé.

Le 1er. remplissage rissien nous montre:

7 — Mince cailloutis de silex emballé dans un sable rouge.

6 — Sable blanc légèrement ferruginisé au sommet avec accumulation de manganèse

2,50 m

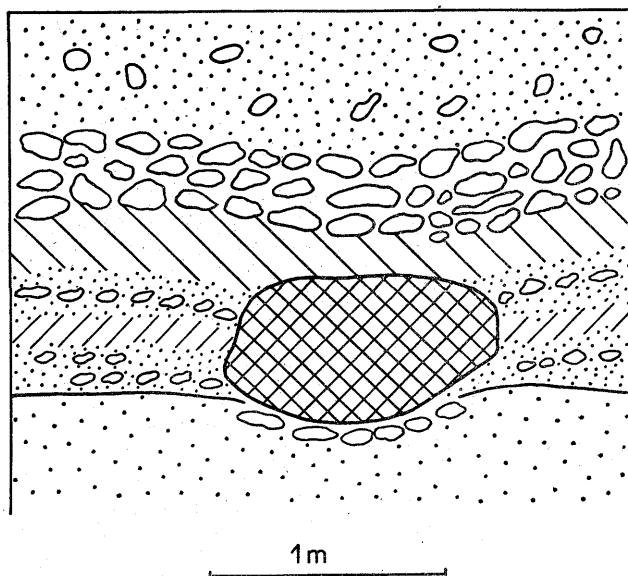


Fig. 6. Bloc de grès soliflué enfoncé dans les couches sous-jacentes en bordure de coulée (sablière Balesdent)

Le 2d. creusement a dépassé le 1er. en profondeur, nous y trouvons comme remplissage:

5 — Pavage, tapissage des parois par un cailloutis de silex avec sable jaune	0,50 m
4 — Sable ferruginisé, latéralement au précédent	0,20 m
3 — Eboulis stratifié de silex de moyenne grosseur	0,30 m
2 — Loess récent lehmifié en presque totalité avec pseudomycélium et granules de calcaire à la base	3,50 m
1 — Solifluxion non lessivée à base de lehm W II	0,60 m

La sablière est traversée dans toute sa longueur par une fente de froid profonde du type Macar avec remplissage limoneux.

N° 9 — Sablière Denaes 1 à Labeuvrière

Altitude au sommet 50 à 57 m (Fig. 7).

Sur un substratum du type deltaïque dans lequel on retrouve un mélange des sables S2 et S3 se superposent:

6 — Sable éolisé et ferruginisé S3R1 Mindel—Riss 2,00 m
Riss:

5 — Limon panaché gris-rouge sporadique: paléosol à base d'argile d'Orchies 0,30 m

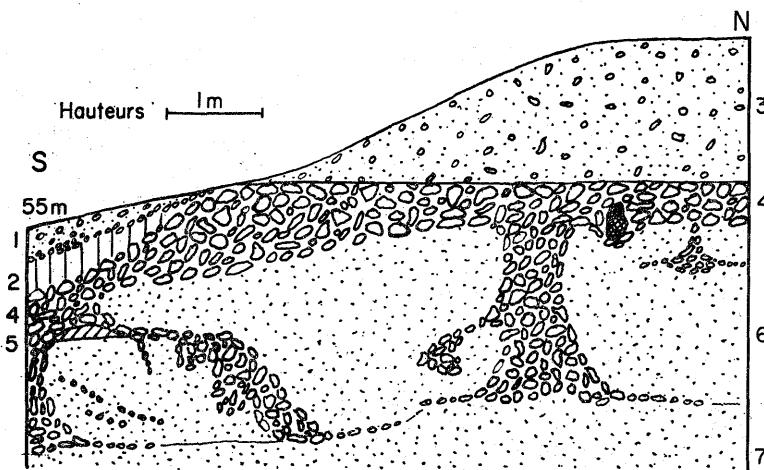


Fig. 7. Sablière Denaes I à Labeuvrière. Exemple d'injection avec appendices basillaires sur le parcours d'une coulée de blocailles rissienne

4 — Coulée de blocailles identique à la couche 9 Balesdent présentant la même disposition marginale 2,00 m

3 — Eboulis de pente, comme le N° 8 Balesdent 2,00 m

Wurm:

2 — Loess récent Wurm légèrement lehmifié au sommet 0,40 m

1 — Eboulis de pente reprise de la couche 3 avec lehm 0,30 m

Cette exploitation nous montre de belles injections de la couche solifluée N° 4 dans le sable ferruginisé N° 6.

N° 10 — Sablière Houppe à Fouquereuil

Altitude au sommet 55 m (Fig. 8).

Dans un sable éolisé, ferruginisé S3R1 Mindel—Riss cette sablière nous montre un thalweg qui comme celui Belesdent a subi 2 creusements et remplissages successifs.

Le 1er. remplissage à dater du Riss moyen se compose de:

8 — Silex cryoturbés et sable ferruginisé rouge-jaune 5YR-4/6 0,50 m

7 — Eboulis stratifié: alternance de lits de gravier et de sable très ferruginisés 5YR-5/8 (Voir chapitre IV) 1,50 m

6 — Loupe, dépôt de lit majeur caractéristique, composée de minces lits alternes de limon, et de petits graviers.

5 — Limon panaché gris-roux 5Y-7/2 à 7/5 YR-5/6 fendillé,

Riss—Wurm

1,00 m

Le 2d. remplissage d'âge Wurm nous montre:

S

55m

N

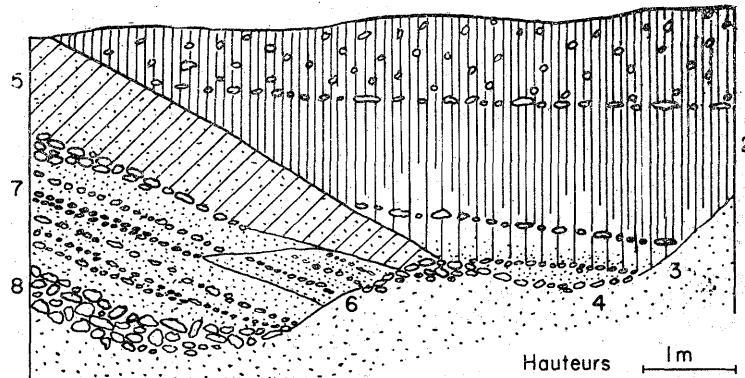


Fig. 8. Sablière Houppe à Fouquereuil. Thalweg rissien rempli par un éboulis stratifié périglaciaire avec dépôts de lit majeur interstratifiés et par du limon fendillé Riss—Wurm. Second thalweg rempli par les loess Wurm I et II

4 — Sable jaune clair avec léger cailloutis de base 0,20 m

3 — Loess récent inférieur W I sableux à la base typique au sommet avec un léger cailloutis de base, entièrement lehmifiée

0,50 m

2 — Loess récent moyen W II avec un léger cailloutis de base presque entièrement lehmifiée, marmorisé par hydromorphie de surface 1,20 m

1 — Solifluxion non lessivée à base de W II 1,00 m

N° 11 — Sablière Cossard à Fouquereuil

Altitude au sommet 46,50 m.

Cette exploitation est creusée dans la terrasse d'altitude 45/50 m. On peut constater que la rivière qui l'a façonnée a complètement abrasé les dépôts quaternaires jusqu'au substratum Landénien dans lequel subsiste toutefois, des bandes ferruginisées base de la ferruginisation Mindel—Riss. Le gradin d'altitude 46 m en se relevant brutalement de 8 m forme le bord externe de la terrasse, contre lequel les loess Wurm W I et W II, se sont plaqués. Ceux-ci sont couronnés par un éboulis de pente subactuel, composé de silex noyés dans du lehm Wurm et dans lequel on rencontre de l'industrie néolithique.

N° 12 — Sablière Camblin à Annezin

Altitude au sommet 35 à 40 m (Fig. 9).

Le sable éolisé et ferruginisé S3R1, Mindel—Riss pénètre en indentations profondes — 2,50 m — dans le substratum Landénien

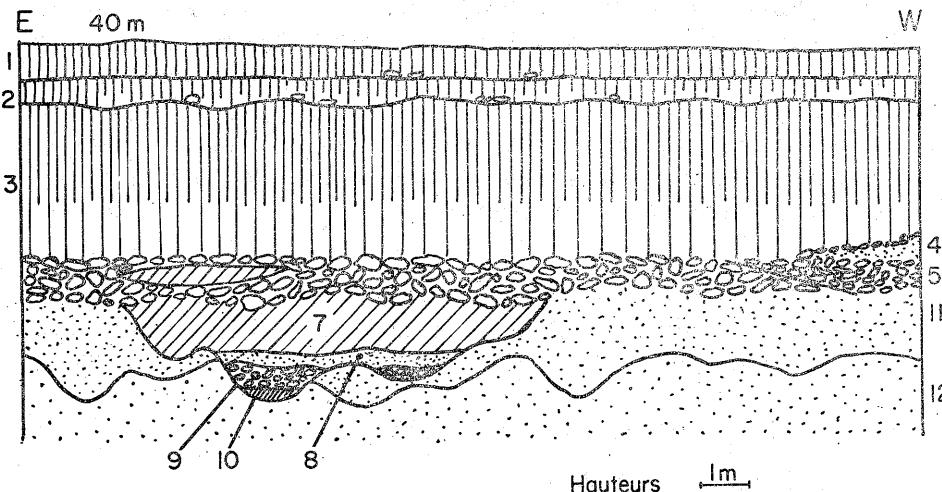


Fig. 9. Sablière Camblin à Annezin. Superposition sur sable éolisé, ferruginisé Mindel—Riss, des coulées de blocailles du Riss inférieur, du Riss moyen et du Wurm inférieur surmontées des loess récents W II et W III

de type deltaïque immersé. Il est affecté d'un réseau maillé de fentes en coin à remplissage sableux et sporadiquement d'une décoloration chimique en plans orthogonaux (Fig. 20).

Riss:

Dans un sillon de directions NS nous trouvons:

10 — Limon gris-rouge panaché à base d'argile d'Orchies, (5 YR-4/6): paléosol démantelé	0,20 m
9 — Cailloutis soliflué avec matrice et loupes de sable très ferruginisé ou de limon	0,50 m
8 — Sable roux grossier colluvié	0,20 m
7 — Limon rouge panaché, paléosol démantelé avec stratifications sableuses	1,20 m
6 — Coulées de blocailles à litage graduel cyclique intercalations de lentilles de limon, matrice très ferruginisée. 7,5 YR-4/4	1,00 m

Wurm:

5 — Cailloutis soliflué base du Wurm, à matrice sableuse brun-jaune foncé 10 YR-4/4 se surimposant en biseau sur la précédente	1,00 m
4 — Sable roux très ferruginisé, n'existe que dans la partie Nord de l'exploitation	0,50 m
3 — Loess moyen W II lehmifié sur 1,80 m avec à la base du lehm horizon d'accumulation d'alumine, suivi plus bas de calcaire en accumulations rhizoformes verticales, pseudo-mycélium et granules	3,00 m
2 — Loess supérieur W III lehmifié dans presque toute la masse, petites poupéées à la base, séparé du précédent par une surface ondulée signe de ravinements	0,50 m

Holocène:

1 — Colluvion à base de lehm brun foncé 10 YR-3/4 renfermant à la base de l'industrie néolithique et dans la masse des poteries d'âges divers	0,60 m
---	--------

N° 13 — Coupe du Cimetière à Annezin

Altitude au sommet: 28 m.

Une coupe nous a permis de voir le bord externe de la basse terrasse. Les couches Riss observées à la sablière Camblin s'amusent rapidement vers le sud. A l'entrée du cimetière la couche ferruginée Mindel—Riss apparaît à l'altitude 27 m surmontée de 0,30 m de cailloutis de base à matrice sableuse Wurm qui disparaît bientôt à son tour. Quelques mètres plus au Sud le substratum Mindel—Riss s'abaisse brutalement à l'altitude 23 m. Il est surmonté de 3,20 m de loess lehmifié dans le tiers supérieur et de 0,80 m de colluvion holocène. C'est le bord externe de la terrasse de 5 m.

N° 14 — Talus de la route de Lillers à Annezin

Altitude au sommet: 35 m.

La coupe est très semblable à celle Camblin: dans un sillon de coulée ayant raviné le substratum Landénien de faciès deltaïque, nous retrouvons les différentes coulées du Riss moyen anastomosées, surmontées des restes d'un paléosol limoneux panaché rouge, lui-même supportant une ultime coulée de solifluxion Riss supérieur contenant une industrie humaine à bifaces.

Sur un cailloutis de basse très concassé (0,30 m) apparaît le loess W I non lehmifié (0,60 m) suivi du loess W II complètement décalcifié avec son cailloutis de base.

N° 15 — *Sablière Mannessier à Vendin*

Altitude au sommet: 34 m (Fig. 10).

Cette exploitation nous montre la terrasse, de 10 m entaillée dans un thalweg de la fin de la glaciation Mindel, comblé au début de

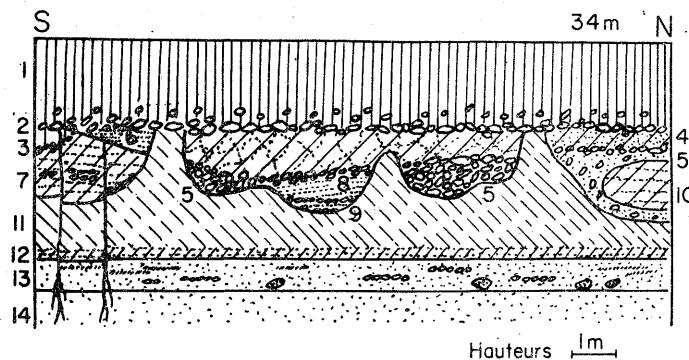


Fig. 10. Sablière Mannessier à Vendin. Thalweg mindelien comblé de sable éolisé Mindel—Riss, surmonté de dépôts du Riss inférieur et du Riss supérieur. Dans ces derniers, poches hémisphériques en chaudron à remplissage stratifié creusées vraisemblablement par des loupes de glace superficielles ou des pingos

l'interglaciaire suivant par le sable éolisé S3R1 dans le cas présent non ferruginisé.

Riss inférieur probable:

Surmontant le sable S3R1 comblant le thalweg Mindel, nous trouvons:

13 — Sable S3R1 jaune-rouge 7,5 YR-5,5/6 à faciès de solifluxion contenant des nodules d'alias et des galets mous (pergélisol) de sable S3 ou violet provenant des paléosols antérieurs 0,70 m

12 — Sable colluvié, stratifié horizontalement avec bandes limoneuses (lit majeur?) 0,40 m

11 — Argiles d'Orchies colorées par pédogénèse et profondément cryoturbées

Riss final — Riss—Wurm:

Les argiles d'Orchies ci-dessus ont été creusées de poches hémisphériques par des loupes de glace. Leur remplissage est composé comme suit:

- 10 — Ecaille de pergélisol: sable S3R1 avec ferruginisation pédologique en bandes, emprisonnée dans une coulée sableuse.
- 9 — Colluvion en stratification horizontale de sable S3 plus ou moins ferruginisé, avec lits de petits galets 0,40 m
- 8 — Dépôt de décantation sur léger cailloutis de base, stratifications alternes de sable et de limon (lit majeur) 0,50 m
- 7 — Décantation très semblable à la précédente, avec en plus des lits de petit gravillon de silex, présente un affaissement de 0,10 m limité à 2 fentes septiformes qui affecte le substratum.
- 6 — Sable colluvié avec lits de gravillon en stratification horizontale et micro-plages d'atterrissement avec ségrégation de la glauconie qui alors constitue 80% du dépôt (lit majeur) 0,80 m
- 5 — Silex soliflués emballés dans du sable roux S3R, galets de pergélisol sableux 1,00 m
- 4 — Limon fendillé panaché, sableux typique de l'interglaciaire Riss—Wurm 1,20 m

Wurm:

Couvrant les poches hémisphériques, nous trouvons:

- 3 — Loess récent W I pulvérulent, calcaieux avec pouponées et cailloutis de base, disparaît au Nord 0,80 m
- 2 — Léger cailloutis base du suivant
- 1 — Loess W II entièrement lehmifiée 2,00 m

La paroi Est de cette sablière nous montre à l'altitude 30 m le limon fendillé Mindel—Riss reposant directement sur le sable S3R1 qui débarrassé des dépôts Riss forme en cette endroit la terrasse de 10 m.

Ceci confirme l'abaissement progressif du niveau d'étiage des rivières à partir du Riss moyen jusqu'au Wurm. Le limon fendillé est suivi des loess W I et W II.

N° 16 — Sablière Hochard à Vendin

Altitude au sommet 26 m (Fig. 11).

Sur le substratum landénien du type deltaïque immergé se superposent:

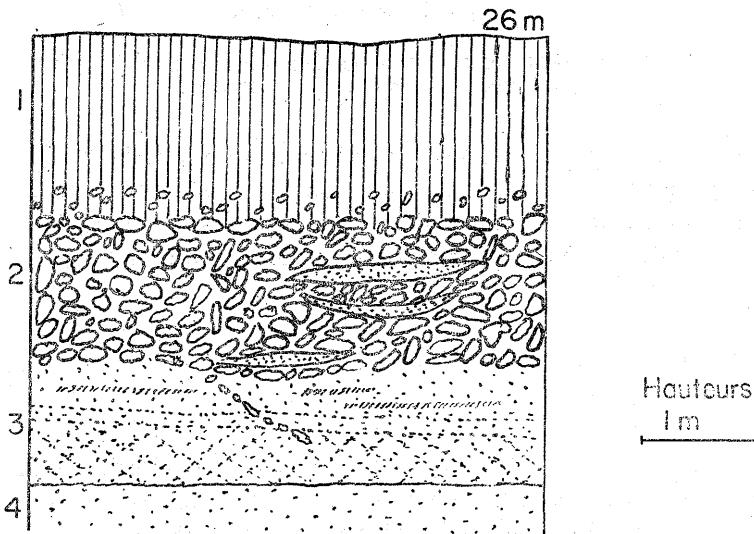


Fig. 11. Sablière Hochard à Vendin. Palier d'épandage de la solifluxion à matrice sableuse base du Wurm sur sable éolisé Mindel—Riss. Le dépôt de blocailles est surmonté de lehm Wurm

3 — Sable S3R1 éolisé et ferruginisé Mindel—Riss, avec traces de colluvions indiquant la limite inférieure de dépôt de ce sable

1 m

2 — Silex soliflués à litage graduel cyclique, matrice sableuse et loupes de sable ferruginisés brun-jaune 10 YR-5/6, altiplanation chaotique au sommet, fentes de froid septiformes avec décoloration des épontes.

1,20 m

1 — Lehm fortement marmorisé (pseudo-gley) avec à la base, 0,20 m de cailloutis non lessivé

N° 17 — Marais de Fouquereuil

Altitude 23 m.

Sur des tourbes avec matières ligneuses à peine décomposées et contenant de la poterie romaine, nous trouvons 1 m de terre noire des marais passant à une colluvion récente (1,20 m) de lehm fortement chargé en matières humiques, avec horizon de gley à la base et marmorisation dans toute la masse.

ÉTUDES LITHOLOGIQUES

SOLIFLUXIONS, COULEES DE BLOCAILLES
(Voir Fig. 12 et tableaux N° I et II)

Les coulées de blocailles constituent une partie notable des dépôts quaternaires de l'Artois. Remarquons de suite que les solifluxions ont ressassé en de nombreuses reprises, toujours les mêmes éléments caillouteux et seules les matrices varient et caractérisent l'âge du dépôt.

Eléments d'origine mésozoïque

Cailloutis

Dans les dépôts soliflués, les éléments d'origine mésozoïque sont de beaucoup les plus nombreux. Ce sont des rognons de silex de la craie sénonienne provenant de la crête crétacique artésienne toute proche et dans lesquels nous retrouvons les fossiles caractéristiques de l'étage *Ananchites Ovata, Micraster cortestudinarium...*

Les chocs répétés durant les transports successifs y ont provoqué des esquilles, de grignotis superposés qui se sont patinés différemment durant les périodes de stagnation tandis que le gel y creusait des cupules et les fragmentait en éclats gélivés portant l'ombilic et les ondulations concentriques caractéristiques. Dans les dépôts le plus anciens, ces silex se présentent sous 2 formes:

(1) Rognons de silex noir à éclats lisses, texture vitreuse, ayant conservé le cortex blanc et présentant sur les protubérances, des traces de chocs en coup d'ongle, marques d'un début de façonnement préquaternaire ou quaternaire très ancien.

(2) Silex gris-bruns altérés à texture microgrenue, avec ferruginisation exogène plus ou moins profonde et portant de nombreux éclats et grignotis antérieurs à la ferruginisation, stigmates d'importants remaniements anciens.

Ce sont ces éléments qui ont été repris et façonnés par les différentes solifluxions successives.

Patinas

Ces cailloutis de silex présentent sur les esquillements dus aux chocs des patinas superposées ou juxtaposées, dont la couleur et la profondeur varient selon la période de formation. L'ordre en chronologie relative, nous est donné par la succession des grigno-

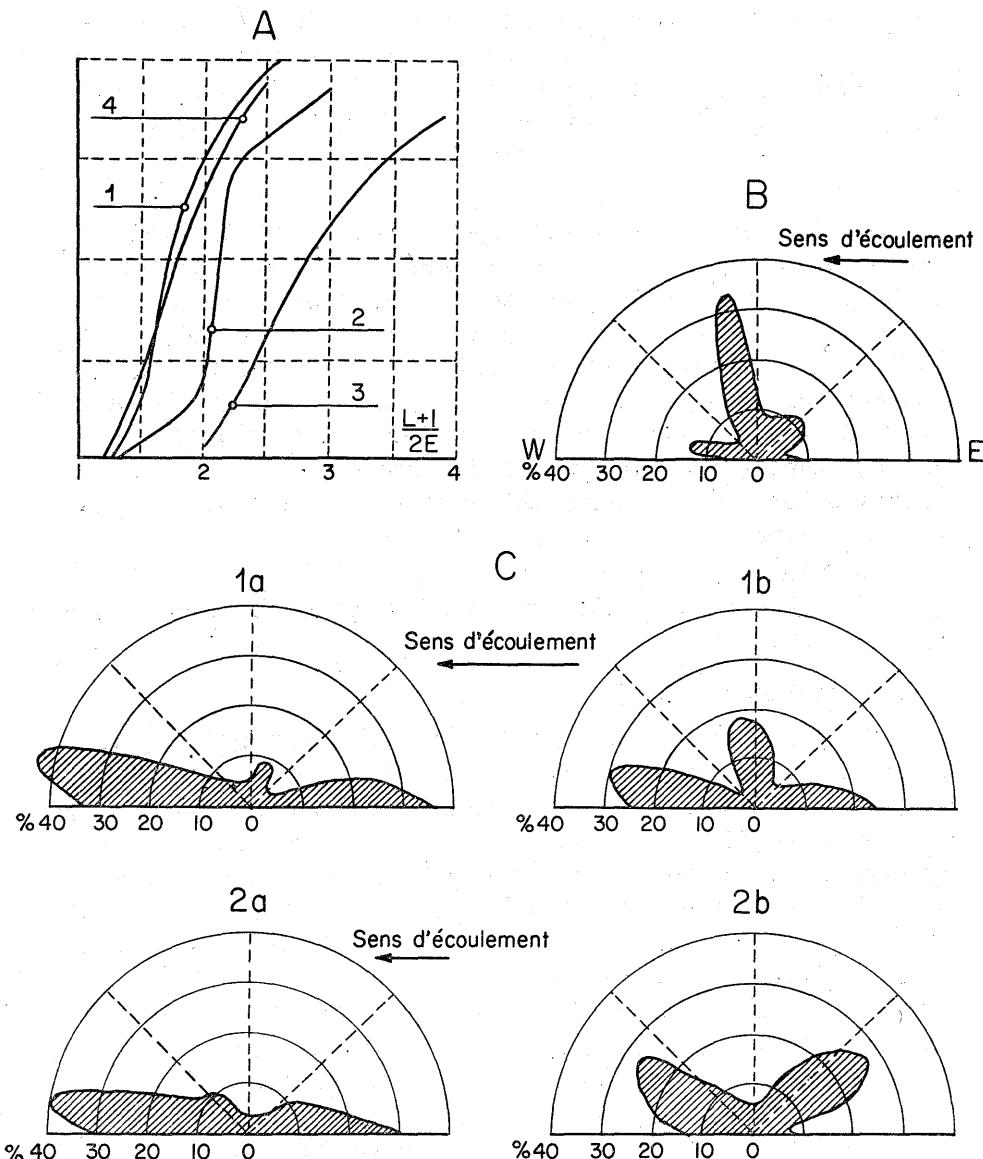


Fig. 12. Caractères des cailloutis soliflués

A — Indices de façonnement $\frac{L+1}{2E}$ des éléments prédominants:

1. rognons de silex sénoniens intacts;
2. éclats gelivés de silex sénonien;
3. éclats percutés naturels de silex sénonien;
4. galets façonnés marins cuisiens (Yprésien)

B — Orientation des galets dans les dépôts soliflués: sablière Belesdent, palier d'épandage

C — Inclinaison des galets dans les dépôts soliflués:

1. Sablière Denaes I: a. sur le parcours de la solifluxion, dans le sens de l'écoulement. Unilatéralité 60%; b. dans les injections;
2. Sablière Balesdent: a. sur palier d'épandage, dans le sens de l'écoulement. Unilatéralité 65%; b. sur palier d'épandage, transversalement au sens de l'écoulement.

tis et éclats qui les supportent. L'étude généralisée de ces patines pourrait peut-être fournir un élément supplémentaire de datation. Dans notre cas elle a l'intérêt de montrer les lacunes de notre stratigraphie et elle permet en outre d'estimer le concassage et partant, l'ampleur des mouvements de solifluxion.

(1) Quaternaire Ancien

Les silex des dépôts de cet âge ne présentent aucune patine caractéristique. Les silex noirs montrent des surfaces éclatées pi-cotées de petits points blancs, traces de coups reçus durant le transport avec grignotis frais et peu nombreux sur les arêtes vives.

Les silex bruns ferruginisés (7,5 YR 5/4) portent très peu d'éclats frais sans patine nouvelle. La rareté des grignotis est un indice du peu d'ampleur du transport tandis que l'absence de Ca-cholong semble indiquer un matériau provenant de couches pro-fondes, à l'abri des actions pédogénétiques, mis à nu par une érosion intense.

(2) Quaternaire moyen

Les cailloutis des dépôts rissiens montrent la succession de pa-tines suivantes:

Riss inférieur:

(a) Patine blanche épaisse, existe sous la suivante et n'apparaît qu'aux arêtes martelées et dans les cassures fraîches.

(b) Patine brune opaque (Moyenne 7,5 YR 4,5/4) couvrant l'en-semble de la pièce dont les arêtes sont fortement martelées, avec nombreuses traces de chocs et enlèvements squameux mettant à nu la patine précédente. Superficiellement, altération chimique formant un voile translucide, blanchâtre, mat, grenu, tantôt sur une face tantôt sur l'ensemble de la pierre.

(c) Patine brun-jaune 10 YR-5/8 portant la même altération chimique superficielle que ci-dessus, couvre soit l'ensemble de la pièce soit les grignotis et alors parallèlement aux précédentes pa-tines.

(d) Patine translucide de teintes très variables (de olive pâle à brun-jaune). Présente les mêmes caractères et les mêmes surim-position que la précédente dont elle ne semble être qu'une varian-te due à la composition du silex.

(e) Patine jaune pâle opaque (moyenne 5 Y-7/3) ou blanchâtre. Pierres nettement moins concassées que les précédentes.

(f) Patine brune opaque (7,5 YR 5/4) couvrant toute la pierre ou se surimposant aux éléments précédents.

(g) Patine brune verdâtre translucide — faciès identique à la précédente dont elle semble n'être qu'un cas particulier.

(h) Patine translucide blanc à gris bleuté. Arêtes portant de nombreuses petites esquilles, rares éclats frais. Cette dernière patine semble être celle propre à la couche et n'affecter que les éclats et grignotis obtenus au cours du dernier cheminement, les précédentes patines lui sont antérieures et ont été acquises pour une grande part durant l'hiatus de notre statigraphie qui, ont le voit a dû être très long.

Riss moyen — Se superposant aux patines précédentes, on trouve.

(i) léger voile gris bleuté sur éclats de petites tailles (moyenne 40 mm) frais ou peu roulés avec arêtes légèrement grignotées.

Riss supérieur — On trouve les mêmes éléments sans patine nouvelle.

(3) Quaternaire récent — Würm

(j) —Les éléments ci-dessus ont été repris une fois de plus avec concassage plus poussé. Les nombreux éclats frais portent un léger voile blanchâtre.

Eléments d'Origine cénozoïque

Galets façonnés

Ce sont des galets de silex à façonnement marin très prononcé provenant selon Gosselé du démantellement des couches à galets dits d'Ourton base des sables de Cuise (Yprésien).

Le silex constitutif, de provenance très diverse et de couleur variant du blond cire d'abeille au noir, a selon sa dureté conservé imprimé les traces de choc ou acquis un certain lustre. Quelques galets portent des trous de lithophages, d'autre assez rares présentent en surface un réseau polygonal de fissures dont les mailles (3 à 4 mm de diamètre) sont parfois subdivisées par d'autres fentes de moindre importance. De nombreux galets sont fracturés par choc ou par le gel, d'autres portent des cupules de froid de 3 à 6 mm de diamètre.

Blocs de grès

Les seuls éléments volumineux contenus dans les cailloutis soliflués sont des blocs de grès mamelonnés landéniens que nous

Tableau I
Coulées de blocailles
Indices dimensionnels des galets — valeur moyenne

	Nombres d'objets	Aplatis- sement $\frac{L+1}{2E}$	Emoussé 1000 $\times \frac{2r}{L}$		Dissymé- trie	$\frac{r_1}{r_2}$
			selon r_1	selon r_2		
Silex mésozoïques:						
non ferruginisés	100	1,83	187	289	617	1,54
ferruginisés	50	1,73	192	292	672	1,52
Galets de silex cénozoïques:						
10 < L < 20 mm	100	1,82	410	522	573	1,27
20 < L < 30 mm	100	1,88	412	527	573	1,28
30 < L < 40 mm	100	1,89	471	597	604	1,26
Grès landénien	50	2,26	163	247	612	1,52
Argile limoniteuse	50	1,98	183	358	543	1,96
Eclats de silex gélivés	100	2,28	négligea- bles			
Eclats de silex percutés	100	3,30	négligea- bles			

trouvons en première place et posés à plat, dans les couches pédologiques de la sablière Delotte.

Leur face inférieure est généralement couverte de nappes entrecroisées de stries parallèles peu profondes, espacées de 5 à 10 mm et de cannelures isolées profondes de 5 mm larges de 25 qui ne peuvent être dues qu'au frottement du bloc sur d'autres plus durs. Le sous sol étant composé de roches tendres ou arenacées, la présence de ces stries fait supposer soit un glissement par gravité soit un transport par radeau de glace avec grippage sur un sol gelé emprisonnant des rognons de silex. Ces blocs de grès ont été repris par les diverses solifluxions fragmentés par cryoclastisme et façonnés, diminuant ainsi de volume au fur à mesure des reprises. En général les grosses pierres se localisent au bas de la couche solifluée et même en sortent complètement sous l'effet de la pesanteur, emprisonnant sous elles quelques éléments de la solifluxion.

Les couches traversées, plastiques, se sont déformées, incurvées vers le bas dans les environs immédiats du bloc. La station verticale et assez rare et n'affecte que des blocs très hétérométriques.

Tableau II

Coulées de blocailles — Composants
Pourcentage numéral évalué sur 100 pièces

		Quaternaire ancien	Riss inférieur	Riss moyen	Eboulis de pente—Riss supérieur	Wurm inférieur	Wurm supérieur
Matrice		25—30	30	30	90	40	90
Silex mésozoïques	/% pondéral	65,5—70,5	67,3	68,3	9	58,7	9,5
Eléments cénozoïques		4,5	2,7	1,7	1	1,3	0,5
Silex mésozoïques:							
non ferruginisés		90	20	20	70	55	55
ferruginisés		10	80	80	30	45	45
intacts avec cortex		70	4	4	1	7	7
Patines:							
blanche épaisse (a)			10				
brune opaque (b)							
brune-jaune (c)			21				
brune-jaune translucide (d)			4				
jaune-pâle (e)			8				
brune opaque (f)			45	63			
brune verdâtre (g)				10			
blanche-bleutée (h)			12				
voile gris-bleuté (i)				27			
voile blanchâtre léger (j)		x			x	x	x
propre au dépôt		néant	h	i	j	néant	néant
Galets faconnés cénozoïques:							
cassés par choc		22	5	6	12	20	20
intacts		10	28	31	15	14	15
gélivés		68	67	63	73	66	65

Quaternaire de l'Artois (France)

Tableau III

Industries humaines sur éclats
Indices dimensionnels moyens

Série	Nombre	L	L/1	Aplatissement $\frac{L+1}{2E}$	Reprises	Angle degrés	Plan de frappe % sur			Face dorsale Enlèvement antérieurs					
							Cortex	Unis	Préparés	Indéterminés	Cortex	1	2	3	3
Brun-jaune															
N° 1	50	65	1,62	3,22	3	109	13	43	0	44	26	45	23	6	0
Blanche															
N° 2	40	56	1,57	3,44	2	112	45	41	4	10	46	36	9	9	0
Brune opaque, N° 3	50	58	1,57	2,91	2	110	20	45	0	35	40	20	30	10	0
A bifaces															
N° 4 éclats	50	42	1,23	3,40	2	108	20	33	0	47	33	20	40	7	0
Eclats percutés — naturels	100	28	1,11	3,30			82	18	0	0	81	19	0	0	0

Les grés sont généralement isolés dans la coulée cependant, la sablière Municipale nous en montre un amas chaotique dont certains fracturés par cryoclastie ont leurs fragments restés en connexion ou presque. Seules les faces primitives sont striées, celles clastiques ne le sont jamais. Dans les solifluxions Riss et Wurm, la ferruginisation a pénétré plus ou moins profondément à l'intérieur de la pierre.

Argiles limoniteuses

Les argiles éocènes dites d'Orchies renferment des plaquettes limoniteuses, indurées que nous retrouvons dans les cailloutis. Anguleuses dans les solifluxions Riss inférieures, leurs dimensions s'amenuisent très rapidement au cours des reprises.

Bois silicifié

Les dépôts soliflués renferment des fragments anguleux de bois silicifié: *Cupressinoxylon* — Sp, conifère banal ayant traversé toute l'ère tertiaire.

Concréctions limoniteuses

Les cailloutis ont donné lieu à la formation authigène de rares concrétions limoniteuses, fistuleuses, souvent creuses et de petite taille (max. 0,5 dm³).

Disposition générale des galets

Là où les solifluxion n'ont pas subi de déformations secondaires ayant modifié *a posteriori* l'agencement des galets elles nous présentent un litage graduel avec à la base de gros éléments gisants ou légèrement inclinés, orientés, passant insensiblement vers le haut à un ensemble de disposition chaotique et de granulométrie plus faible. Il est permis de supposer que cette sélection volumétrique et pondérale s'est opéré par gravité en cours de charriage. Tandis que les éléments de la base glissaient et s'orientaient sur le sol, la partie supérieure de la couche était animée de mouvements de brassage lents, mais suffisants, pour provoquer l'agencement hétérogène de cette partie du dépôt.

Nous trouvons cette disposition de litage graduel élémentaire sur le parcours des solifluxions, où le dépôt est toujours peu épais. Par contre sur les paliers d'épandage là où les coulées se sont stabilisées et superposées, l'agencement graduel devient cyclique. On y observe une succession de lits graduels comme décrits cidessus, se surmontant le uns les autres, soit directement sans transition, soit avec intercalation de bandes étroites sableuses ou limoneuses, continues ou sporadiques, et de plus, ces lits superposés montrent une moyenne granulométrique décroissante de bas en haut. Les dépôts étant lithologiquement identiques, on voit qu'une solifluxion a repris les éléments de la partie supérieure (les plus petits) de la précédente pour les concasser et les racler à nouveau. Une étude systématique de la granulométrie des différents lits montrerait certainement l'importance des solifluxions, les unes par rapport aux autres, la profondeur des ravinements et par voie de conséquences, l'acuité du dégel et de l'humidité. Ces successions de couches dénotent des variations climatiques, oscillations mineures au sein des grandes variations du climat quaternaire.

Les solifluxions très anciennes par suite des cryoturbations postérieures se prêtent mal à de telles observations. Cependant nous avons observé 2 cycles à la gravière Blond (Quaternaire Ancien) séparés par des intercalations de limon. Les dépôts rissiens

nous ont fourni les plus beaux exemples. A la sablière Balesdent nous avons dénombré au moins 8 cycles successifs dont la base est généralement marquée par un horizon manganésifère et la solifluxion de base des dépôts Wurm nous en a montré trois ou quatre séparés par des lits minces discontinus de sable colluvié.

Orientation (Voir Fig. 12)

L'étude de l'orientation nécessite l'existence d'affleurements, plans entièrement dénudés et non remaniés. Ces conditions sont assez rarement remplies. Dans notre cas, nous n'avons pu examiner que la couche de solifluxion moyenne Riss de la Sablière Balesdent c'est à dire, un plateau d'épandage en bordure de coulée. L'orientation présente un maximum net suivant une direction sensiblement perpendiculaire au sens d'écoulement. Cette disposition est caractéristique des fronts de coulée ce qui confirme nos observations faites par ailleurs.

Inclinaisons (Voir Fig. 12)

Nous avons observé d'une façon systématique:

(a) Sur le trajet et dans le sens de la coulée, prédominance de galets gisants inclinés vers l'amont, surtout à la base au contact de la couche sous-jacente. Unilatéralité: moyenne 65% atteignant 85% à la base. Dans le sens transversal, unilatéralité sensiblement nulle.

(b) Injections: augmentation très nette des galets dressés qui se localisent sur les bords de la poche et parallèlement à ceux ci. Vers le centre disposition chaotique, ou cependant l'unilatéralité de la couche initiale persiste.

Appendices d'étirement des injections: orientation quasi totale des galets parallèlement à la direction de l'appendice.

(e) Poches hémisphériques en chaudron: Disposition symétrique des galets orientés parallèlement aux bords des poches à la périphérie, disposition chaotique au centre.

(d) Fentes en coin: Nous n'avons rencontré que de petites fentes remplies de galets et toujours ceux-ci sont alignés en ordre principal parallèlement aux épontes. Il est très possible que ces fentes ne soient en réalité que des appendices étirés d'injections.

Assiette

Dans les coulées de solifluxion, nous avons enregistré les proportions suivantes:

Position des galets	Moyenne	Inclinaison	
		vers l'amont	vers l'aval
Gisants: bien-assis	62%	65%	59%
mal-assis	38%	35%	41%
Dressés: bien-assis	36%		
mal-assis	64%		

L'angle d'inclinaison des galets ne semble pas avoir d'influence par contre l'augmentation de la proportion des galets mal assis inclinés vers l'aval montre bien le caractère accidentel, provisoire de cette inclinaison que le courant tend naturellement à inverser.

L'étude du coefficient d'assiette n'a pas donné de conclusion très nette, peut-être la forme polyédrique des galets avec faces planes dues au gel, en est-elle cause, nous avons cependant observé les tendances suivantes:

Gisants: Bien assis	— prédominance de coefficient élevés (>6) — forte dissymétrie
Mal assis	— prédominance de coefficient bas (<4) — faible dissymétrie
Dressés: Bien assis	— prédominance de coefficient bas faible dissymétrie
Mal assis	— prédominance de coefficient élevés — forte dissymétrie

Gros bout

Nos observations ont donné des résultats contradictoires. Comme dans le cas précédent, cela est sans doute le fait de la forme polyédrique des galets.

Matrices (Voir Fig. 13 et tableau II)

Nous pouvons classer les matrices des solifluxions en 3 catégories qui correspondent d'ailleurs à peu près aux divisions du Quaternaire:

Quaternaire ancien	— Matrice limoneuse
„ moyen (Riss)	— Matrice sableuse
„ supérieur (Wurm)	— Matrice loessique

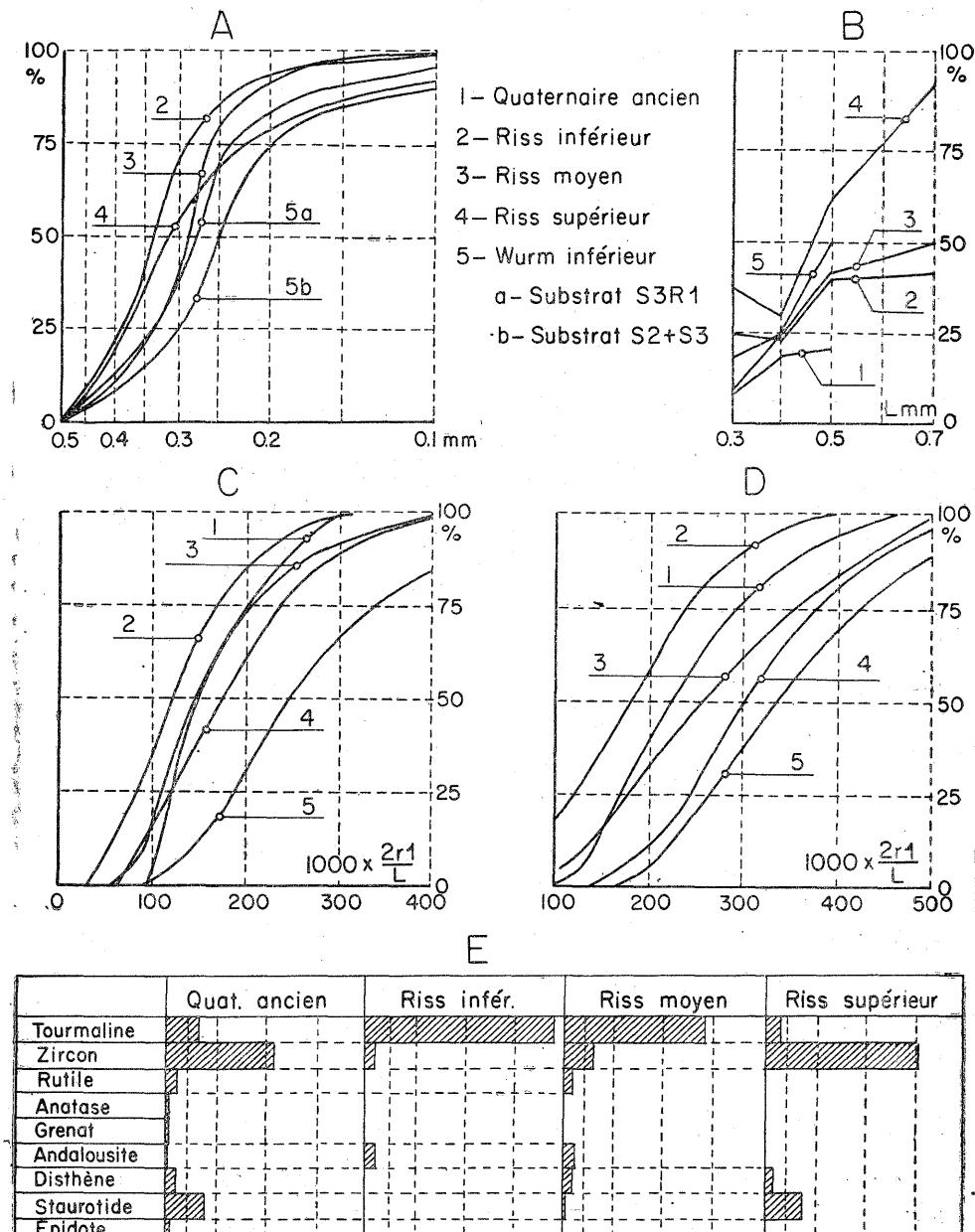


Fig. 13. Caractères des matrices sableuses des dépôts soliflués
 A — granulométrie des sables; B — morphoscopie des sables, fréquence des „ronds-mats” complètement éolisés; C — indice d’émoussé $1000 \times \frac{2r_1}{L}$ des grains de quartz „émoussés luisants” partiellement éolisés; D — indice d’émoussé $1000 \times \frac{2r_1}{L}$ des grains de quartz „ronds mats” complètement éolisés; E — minéraux lourds de la fraction moyenne (50 à 160 microns).

(1) Matrices limoneuses

Les matrices limoneuses composent pour 25 à 30% en volume, les dépôts soliflués du Quaternaire ancien cantonnés sur les niveaux les plus élevés de nos buttes témoin. On y trouve en proportion très variables des argiles d'Orchies (moyenne 92%) pouvant atteindre localement 100% et du sable landénien continental S3 (moyenne 8%). Ces composants ont conservé leurs propriétés individuelles et ils sont en général mal mélangés indice d'un déplacement de faible amplitude. Ces matrices sont localement faiblement ferruginisées et la coulée la plus récente de ce premier groupe renferme des inclusions de paléosol ancien rouge sur argile d'Orchies.

(2) Matrices sableuses des solifluxion Riss

L'homogénéité tant en composition qu'en coloris (Rouge-Jaune 5 YR-5/6) est un des caractères des matrices des solifluxions Rissiennes. Nous y trouvons en mélange intime et homogène signe d'un cheminement long avec brassage énergique, 78% du limon brun-chocolat étudié ci-après au paragraphe des loess anciens et 22% du sable éolisé Mindel—Riss S3RI auxquels il y lieu d'ajouter quelques éléments d'origine étrangère, indéterminables tels que de gros grains de quartz ronds-mats, extrêmement façonnés. La répartition très variable des minéraux lourds (Fig. 13) indique soit des apports étrangers, soit une longue usure où seuls les plus résistants ont subsisté et l'étude morphométrique de la fraction sableuse montre une évolution progressive éolienne du sédiment. L'augmentation systématique de l'indice d'émoussé des grains ronds-mats suivie parallèlement par une éolisation partielle des émoussés-luisants avec augmentation d'indice de façonnement en font la preuve et laissent entrevoir à chaque stade, une période de climat sec propice aux éolisations.

Inclusions sableuses et limoneuses

Dans les superpositions des coulées à litage graduel cyclique, les différents lits sont souvent séparés les uns des autres par des bandes étroites (max. 0,15 m) de sable ou de limon, éffilées aux extrémités, tantôt courtes (long 2 m) rectilignes ou en forme de croissant, convexité généralement vers le bas, tantôt longues, ondulées, épousant les sinuosités de la couche sous-jacente. On peut voir dans les bandes courtes discontinues, soit une colluvion lo-

calisée dans un creux (mare ou simple cuvette) ou le reliquat d'érosion d'une couche continue dont les points bas auraient échappé à l'arasement.

Bandes de limon

On les trouve principalement dans les solifluxions du Quaternaire ancien dont elles ont la composition matricielle à base d'argiles d'Orchies. Les cryoturbations qui ont affecté ces dépôts *a posteriori* ont souvent détruit ces bandes mais on en trouve alors la trace sous forme de paquets de limon dans les poches hémisphériques en particulier. Les dépôts soliflués Riss nous en livrent de dimensions réduites avec faciès panaché à structure polyédrique à petits éléments (1 cm³) sédimentation en eau calme probable (mare ou cuvette).

Bandes sableuses

On les rencontre uniquement sur les paliers d'épandage des solifluxions à matrice sableuse dont elles ont sensiblement la composition. Elles présentent un litage graduel avec éléments grossiers à la base stratifié par des lits de petites graviers très bien orientés à plat.

Bandes mixtes

Dans certaines bandes, des lits de sable et de limon alternent. Un cas particulièrement intéressant se rencontre dans la sablière Balesdent (voir Fig. 4) où 2 bandes occupent toute la largeur de la coupe qui en cet endroit est transversale par rapport au sens d'écoulement, la 1^{ère}, inférieure, surmonte une couche solifluée de 1 m d'épaisseur elle est la reproduction à peine amortie du fond sinueux du chenal. Elle présente un litage graduel, le sable de la base passe insensiblement au limon qui est stratifié de micro-couches noires présentant des analogies avec les varves des pays Scandinaves. Le 2^{ème} supérieur, est séparé de la 1^{ère} par une couche solifluée dans laquelle nous avons observé 4 cycles graduels. Son profil est sensiblement parallèle à celui de la précédente, mais les sinuosités sont plus amorties. Elle présente un litage graduel inverse: limon à la base passant au sable vers le sommet sans stratification marquée. La 3^{ème} intermédiaire — reste d'une bande comprise entre les 2 précédentes est située au-dessus de l'horizon inférieur graduel de la solifluxion. Elle a les mêmes caractéristiques

que la bande inférieur et seules les parties anticlinales sont conservées.

L'identité des composants des bandes et la matrice des solifluxions qui les renferment, permet de supposer que ces dépôts rubanés sont le produit du lessivage superficiel de la solifluxion elle-même. Au début du dégel, les eaux ne pouvant s'infilttrer en profondeur dans le sol encore gelé, ont ruisselé en surface, lessivant la partie dégelée des cailloutis avant de s'accumuler et de se décanter dans des cuvettes plus ou moins importantes selon la configuration du terrain.

Galets mous

Nous avons rencontré dans plusieurs coulées de sable ou d'argile, des galets de sable ovoïdes ou parallélipipédiques aux arêtes à peine émoussées dont la longueur varie de quelques centimètres à 0,40 m.

Leur localisation à la base de la couche prédispose à l'idée d'une décantation en milieu pateux de blocs solides arrachés et roulés au cours d'un mouvement de solifluxion. Les couches superficielles ont évidemment servi de roche mère et nous avons observé associés, des galets de sable continental S3 avec d'autres de paléosol violet ou aliotique ou encore de S3R1 Mindel—Riss. Sauf l'alias, tous ces sables sont extrêmement pulvérulents et ils ont gardés les propriétés de la roche mère, la pulvérulence en particulier. Ceci exclut l'hypothèse d'écoulement de berges, phénomène étudié par Gulinck (1948). Nous sommes en présence de véritables galets mous, absolument différents des inclusions sableuses dues aux colluvionnements, lessivage, éolisation... Le maintien de la roche dans son état initial (sans mélange) et la forme tantôt anguleuse, tantôt façonnée suppose une cohérence parfaite du bloc de roche mère qui est normalement extrêmement friable. La cohésion est donc le fait de causes accidentelles, momentanées et seule l'hypothèse de paquets de pergélisol entraînés dans une solifluxion semble expliquer le phénomène. Encore a-t-il fallu que le temps écoulé entre l'arrachement des blocs gelés et leur immobilisation dans les dépôts stabilisé soit assez court pour que le gel y subsiste et que la température reste voisine de 0°. Toutes les coulées boueuses quelque soit leur âge renferment de tels galets à des fréquences diverses. Le phénomène ne semble donc pas caractériser une époque particulière mais plutôt un ensemble de conditions climatiques et topographiques propice aux coulées de boue sur sol gelé. Leur rareté dans les

coulées de blocailles est probablement due au broyage intense auquels ils y furent soumis.

Galets de grès tendre

A la base de certaines couches risiennes on trouve des galets sensiblement sphériques (diamètre 0,06 m) présentant parfois un léger aplatissement et possédant la texture et la cohérence des grès tendres du landénien continental lagunaire mais très fortement ferruginisés (rouge-jaune S YR-5/6,5), leur surface extérieure est lisse et d'un brun terne. Il semble que le façonnement a été obtenu rapidement en rivière. Le sable qui les compose est hétérogène et ses caractères n'autorisent pas le rapprochement avec celui de l'horizon aliotique des paléosols podzoliques couronnant le landénien des niveaux supérieurs ni avec les grès tendres du landénien continental lagunaire. Peut-être ces galets proviennent-ils du démantellement d'un niveau d'accumulation ferrugineuse de la phase pédologique Mindel—Riss que nous savons avoir été particulièrement ferruginisante. Comme pour les matrices des coulées de blocailles risiennes, la glauconie a disparu ce qui dans notre cas semble être un critère de formation pédologique.

DÉPOTS ÉOLIENS

Sables Mindel—Riss S3R1 (voir Fig. 14)

A la fin de la glaciation Mindel notre région possédait un relief comparable à celui actuel et les rivières coulaient sensiblement dans le lit et au niveau qu'elles occupent aujourd'hui. A la fin du Mindel ou au début de l'interglaciaire Mindel—Riss il se présente une période sèche, propice aux éolisations, telle que les sables du landénien continental repris par le vent, triés et façonnés davantage, s'accumulèrent sur les flancs des valées et dans les dépressions et thalweg du Mindel où nous les retrouvons ayant généralement subi par la suite une ferruginisation pédologique intense.

Ce sable éolisé possède les caractères suivants:

Granulométrie: sable bien classé, répartition constante entre 220 et 350 μ , faciès logarithmique et l'on ne décèle dans le sens vertical des dépôts aucune variation granulométrique sensible.

Morphométrie, morphoscopie: les courbes représentant les différents indices de façonnement montrent l'évolution

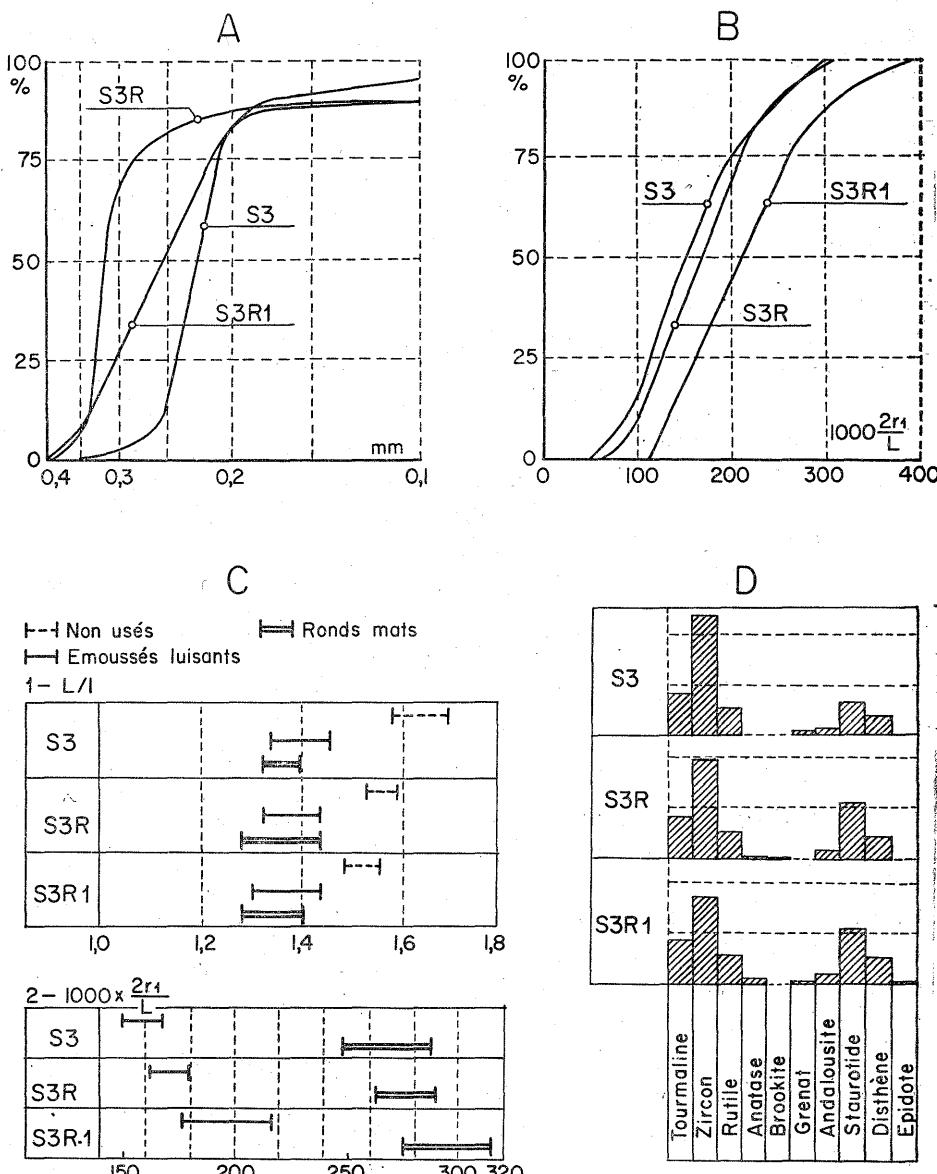


Fig. 14. Evolution des sables de couverture, à partir du Landénien supérieur continental (sables d'Ostricourt)

S3 — sable landénien continental, légèrement éolié; S3R — reprise éolienne du précédent, à la fin du Paléocène; S3R1 — reprise éolienne des précédents, à la fin de la glaciation Mindel ou au début de l'interglaciaire Mindel-Riss.

A — granulométrie; B — indice d'émoussé des grains „émoussé luisants” $1000 \times \frac{2r_1}{L}$; C — plages de variation des indices dimensionnels et façonnement:

1 — L/I , 2 — indice d'émoussé $1000 \times \frac{2r_1}{L}$; D — minéraux lourds: fraction moyenne (de 50 à 160 microns)

continue de l'usure à partir du sable initial landénien S3. Le sable S3R1 contient 57 à 60% de grains éolisés plus ou moins complètement contre 46 à 50% pour le S3R landénien et 40 à 42% pour le S3.

C o m p o s a n t s: Feldspath: néant, signe d'altérations chimiques à l'état de sol persistant en climat chaud et humide (tertiaire ou antérieur):

Micas: traces de muscovite

Gypse: traces en cristaux fibreux

Pyrite, Marcassite: néant indice de remaniements

Calcaire: néant

Glauconie: traces

Limonite: constitue la partie colorante, colloïdale des zones ferruginisées et le ciment des agrégats d'origine pédologique.

Minéraux lourds: teneur très faible: 0,09% de l'ensemble.

Matériaux originaires du Sud-Est: groupe B d'E de l'm a n (1933), assez différents de ceux du Thanétien du bassin de Paris (Fig. 14:D)

P a l é o n t o l o g i e: Sable absolument azoïque.

Loess

(1) Loess ancien

Nous n'avons pas trouvé de loess anciens au sens strict du terme, les matrices et limons anciens sont essentiellement à base d'argile d'Orchies. Il en est deux cependant qui en diffèrent nettement, ainsi que le met en évidence leur analyse, roëntgenographique en particulier, et qui pourraient être des loess remaniés. Rappelons la composition des Argiles d'Orchies: par ordre d'importance: illite, montmorillonite, kaolinite.

(a) Limon brun-chocolat, 5 YR 4/4 schistoïde de remplissage des fentes de gel (Sablière Balesdent).

La composition de l'Argile: illite, chlorites interstratifiées, goethite.

Indique une évolution terrigène importante et la présence de 22% de sable type S3 ayant conservé toutes ses propriétés, suppose une colluvion. Ce limon, dont il a déjà été question au cours de cette étude remplit diverses fentes de gel aboutissant à la base des cailloutis soliflués Riss desquel il constitue en outre la fraction fine de la matrice. Nous ne l'avons rencontré nulle part *in situ*. Sa ferruginisation intense pourrait avoir la même origine pédolo-

gique que celle des horizons sableux en place sous les dépôts risiens. Sa schistosité verticale parallèle aux épontes des fentes est sans doute accidentelle et due aux conditions particulières du dépôt. Peut-être est-il permis de l'identifier avec cet autre limon brun-chocolat de même composition, signalé par F. Bourdier sur la moyenne terrasse de la Somme (Cagny), et auquel il attribue avec quelques réserves une origine loessique mindelienne avec lehmification et remaniements ultérieurs (Bourdier, 1961).

(b) Limon panaché, fendillé Riss—Wurm.

Composition: sable type S3—50 à 60%, argiles: montmorillonite, illite, kaolinite.

Ce limon teinté brun vif 7,5 YR 5/6 et jaune pâle 5 Y 7/2, surmonte toujours les solifluxions rissiennes et il a été profondément raviné avant le dépôt du loess récent inférieur W I (Sablière Houppe); il est toujours sableux avec une granulométrie de colluvion. Son faciès fendillé, à structure polyédrique (éléments inférieurs à 1 cm³) panaché est le signe pédologique d'un sol de forêt humide.

Nous pensons pouvoir l'identifier avec le remaniement Riss—Wurm du lehm, étudié par Ladrrière (1890), Common, Bordes... et dénommé par le premier "Limon Rouge fendillé" altération du dernier loess ancien. La prédominance de montmorillonite indique une origine marine avec évolution pédologique relativement faible.

(2) Loess Récents — Wurm

Une subdivision majeure peut-être établie dans le cycle des loess lorsque le dépôt comporte:

(a) un cailloutis de base, quoique cette condition ne soit ni probante ni absolument nécessaire,

(b) au sommet, un lehm d'altération signe d'un arrêt prolongé du dépôt avec formation d'un sol pédologique et variation sensible du climat.

Nous avons trouvé 3 loess possédant ces caractères. Par contre, nous n'avons rencontré dans ceux-ci aucune subdivision mineure systématique. Les seules subdivisions que nous ayons vues se trouvent toujours sur un versant à proximité d'une crête et comme dans le sillon de la carrière Delotte où 4 subdivisions étaient visibles, elles disparaissent très rapidement le long de la pente, sans que l'on puisse discerner l'origine des cailloutis toujours légers

et discontinus que les limitent, le vent sur sol gelé en pente a très bien pu mettre ces graviers en place, dès lors, on ne peut avec certitude évoquer une oscillation climatique à l'origine de ces subdivisions.

Nous avons rencontré les loess très souvent groupés deux par deux, jamais les 3 ensemble et seuls les caractères très particuliers du loess moyen W 2 nous ont permis de déceler avec certitude cette tripartition.

D'une manière générale, les loess se sont accumulés sur les flancs des vallées et plus particulièrement sur ceux exposés au S ou au SW, ce qui implique un vent dominant de secteur Nord. Ils recouvrent également d'une façon assez homogène, en les planifiant, les pentes bordant nos buttes témoin entre 25 et 50 m d'altitude. Par contre, sur ces buttes, au-dessus de 50 m, ils n'ont subsisté qu'à la faveur de sillons, thalwegs... dans lesquels ils se sont accumulés. Le fond des vallées est tapissé d'un lehm colluvié actuel (post-Romain). D'une manière générale, la présence des loess, ou plus exactement de leurs lehms d'altération, est le facteur essentiel de répartition de la végétation et de l'évolution pédologiques des sols.

(a) Loess inférieur Wurm I. Il se rencontre depuis le sommet des buttes témoin jusque l'altitude 30 m soit sur la terrasse de 10 m. Sa base est parfois sableuse. Tantôt le dépôt passe insensiblement du sable pur de la base au loess pur du sommet, tantôt au contraire les 2 matériaux sont nettement distincts, sans mélange, chacun présentant un cailloutis de base (Sablière Houppe) ce qui implique un changement des conditions du dépôt.

Le cailloutis de base est toujours faible (max. 0,30 m) et composé d'éléments de silex fracturés, reprise de dépôt soliflués antérieurs. Le loess, jaune-brun 10 YR-6/3, calcaireux, homogène, induré possède une structure polyédrique avec éléments de 5 à 7 cm. Il contient dans la masse de nombreux points noirs et au sommet de grosses pouponnées sphériques creuses (septaria) d'un diamètre allant jusqu'à 7 cm. Epaisseur max. 1 m.

Le lehm 10 YR-5/4 n'existe que rarement et seulement là où le cailloutis de base du suivant est clairsemé ou absent. Ceci est l'indice d'un ravinement intense, qui ne permet pas d'estimer la puissance initiale de ce loess. Il montre un pseudo-mycélium bien développé à la base et son faciès est lourd, très voisin de celui du lehm W III post-glaciaire.

(b) Loess moyen Wurm II. C'est de beaucoup le mieux représenté tant en surface qu'en épaisseur nous l'avons rencontré avec certitude depuis les sommets jusque l'altitude 23 m, soit sur le bord externe de la terrasse de 5 m. Il atteint son maximum d'épaisseur vers l'altitude 40 m.

Son cailloutis de base: toujours faible, souvent discontinu est composé d'éléments de silex fracturés — reprise des solifluxions antérieures, supportant des grignotis frais non patinés.

Le loess: brun-jaune — 10 YR—6/3 est calcaieux, pulvérulent homogène. Il renferme au sommet des poupées nombreuses, allongées en position verticale. Dans les parties hautes de la topographie il se présente sous forme d'indentation plus ou moins sporadiques dans le lehm tandis que dans les régions basses, la couche est continue, épaisse et horizontale. Max. 1,20 m.

Le lehm: teintes — brun-clair 7,5 YR—6/6 à sec, devenant après humidification 7,5 YR—5/6, possède une structure prismatique à éléments de 2 à 3 cm, couverts en surface d'un film argileux brun foncé (*coatings*). Il acquiert par dessication une schistosité superficielle verticale, squameuse, parallèle à la coupe, qu'elle qu'en soit l'orientation. Les écailles obtenues s'écrasent dans la main en produisant des plaquettes polygonales de 1 mm d'épaisseur. Seul le lehm W 2 possède cette propriété.

Il montre de nombreuses vermiculations filiformes à parois brunes attribuées par MM. Tavernier et de Heinzelin „à des restes de racines de la végétation herbacée contemporaine du dépôt" (1957) et que nous croyons plutôt, nous raliant en cela à une théorie Russe récente, d'origine bactériologique: ces petits canaux constituaient initialement le pseudomycélium dont le calcaire une fois lessivé fût remplacé par l'alumine. On voit à la base, un horizon argileux d'accumulation profonde légèrement plus foncé, compact et immédiatement en dessous, un autre d'accumulation calcaire avec pseudo-mycélium et tubulures verticales nombreuses de 10 à 15 cm de long (racines), signe soit d'un enracinement profond ou plus probablement d'un ralentissement momentané du dépôt avec formation d'un sol voisin des *Brunizems* américains. Souvent dans les parties hautes du gisement il est affecté dans toute sa masse de marmorisation (pseudogley) par hydromorphie de surface et les coupes abandonnées depuis un certain temps laissent apparaître des efflorescences de silice blanchâtre. Epaisseur jusqu'à 2,25 m.

(c) Loess supérieur Wurm III. Il est mal représenté et nous ne l'avons rencontré avec certitude que vers l'altitude 40 m. Plus bas, il forme probablement la base des dépôts loessoïdes mais la forte altération post-glaciaire qu'il a subie ne permet pas de le distinguer des colluvions à base de lehm qui le surmontent.

Son cailloutis de base est extrêmement faible, discontinu, parfois inexistant. Dans ce dernier cas, la surface de séparation d'avec le lehm W II est ondulée.

Le loess subsiste à l'état d'indentation de 0,20 à 30 m dans le lehm, il est jaune, pulvérulent, calcaire avec au sommet de petites pouponnées calcaires allongées ou pisaires. Il y a sporadiquement et très localement alternance de minces lits clairs et foncés (à ne pas confondre avec les doublets de l'Abbé Graindor) et il apparaît une efflorescence importante de silice blanchâtre à la limite des dépôts W II et W III.

Le lehm de teinte brun-jaune 10 YR—6/4 est compact, homogène. Il supporte des colluvions holocènes à base de lehm, séparées de lui par une très sporadique industrie néolithique.

(d) Solifluxion à base de lehm W II. Elle est presque générale dans toute la région où nous l'avons rencontrée depuis les sommets jusqu'à l'altitude 20 m. Le plus souvent elle surmonte le lehm W II, parfois elle repose directement sur les dépôts pré-Wurm, ou encore elle forme la base de dépôts de lehm Wurmien d'âge imprécis. La matrice est composée de lehm W II ayant conservé tous ses caractères, en particulier la schistosité verticale. Les silex épars dans la masse constituent environ 10% de l'ensemble, ils portent de nombreuses fractures fraîches cryoclastiques non patinées. Epaisseur: jusque 1,50 m.

Il est difficile de préciser la place exacte occupée dans la stratigraphie par cette solifluxion non lessivée postérieure au dépôt du loess W II. Dans les parties hautes et moyennes du gisement, elle occupe toujours le sommet de la coupe et elle comble souvent des ravinements profonds des couches sous-jacentes. A la sablière Lanfant, elle surmonte une autre coulée à base d'argile d'Orchies tout à fait locale et qui pourrait lui être sensiblement contemporaine. Dans les parties basses, elle est surmontée de lehm dont il est difficile de préciser l'âge et l'origine (lehm *in situ* ou colluvions?).

Cette solifluxion peut être attribuée soit à une phase humide de courte durée, le dépôt n'étant pas lessivé, postérieure à la phase froide de dépôt du loess W II et correspondant probablement à la

subdivision „a” de la période de dépôt du loess W III, soit aux oscillations du Magdénien et du Dryas supérieur dont les effets en Belgique du moins sont très localisés et constitués de solifluxions et de dépôts éoliens.

DÉPOTS DE RIVIÈRES

Géographiquement, nous sommes dans le chevelu du réseau hydrographique issu de la crête crétacique. Cette situation est sans doute la cause de ce que nous n'avons rencontré aucun dépôt de terrasse fluviale important. Les rivières s'écoulent dans les vallées qui étroites aux abords de la crête artésienne s'évasent rapidement pour se fondre dans les marécages du „Bas Pays” tout proche. Le profil en travers de ces vallées montre une série de plans étagés, inclinés vers le centre de la vallée et séparés les uns des autres par des décrochements, des talus souvent abrupts, de plusieurs mètres de hauteur correspondant aux variations de niveau et d'importance de la rivière ou de ses crues. Sur les plans ainsi formés nous n'avons trouvé aucune formation de rivière nettement marquée. La sablière Cossard qui s'ouvre dans le plan supérieur rissien altitude 46,5 m nous montre sur le substratum landénien un faible dépôt limoneux passant insensiblement au loess Wurm. Les seuls dépôts d'aspect fluviatile que nous avons trouvé sont très faibles, très localisés et de caractères accidentels.

(a) Sablière Municipale — Au sommet du sillon qui traverse cette exploitation, nous trouvons une loupe assez importante de sable stratifié, fond de mare probable.

(b) Sablière Houppe — Intercallée dans l'éboulis stratifié Riss nous observons une loupe de sable interstratifiée de gravillons absolument caractéristique. Ce dépôt se trouve au niveau de la moyenne terrasse et semble être un reste de lit majeur (débordement).

(c) Sablière Mannessier — Au dessus des argiles d'Orchies, se voient diverses loupes de sable colluvié, dépôt de lit majeur présentant des microplages d'atterrissement avec ségrégation de la glauconie qui constitue en ces points 80% du dépôt.

CRYERGIE

Avant d'aborder l'étude des actions périglaciaires, il est utile d'attirer l'attention sur un phénomène actuel qui transposé au

Quaternaire peut expliquer certaines accumulations de sédiments: partie supérieure de diverses fentes en coin, injections... Lorsque pour des raisons d'exploitation, le sommet des sables a été dénudé, si une période humide survient, les eaux de ruissellement même sur sable pulvérulent s'écoulent par des chemins préférentiels avant de tomber au fond de l'exploitation. En plan horizontal ces écoulements creusent des chénaux cunéiformes aux parois tourmentées. Nous en avons observé qui après un hiver mesuraient plus de 1 m de profondeur sur 0,50 m le large. Sur le front de taille, les eaux creusent également des sillons étroits verticaux ou légèrement obliques pouvant atteindre rapidement une assez grande de profondeur en sciant en quelque sorte le banc de sable. Or une observation attentive nous a montré que ces sillons d'écoulement horizontaux ou verticaux coïncident toujours avec des fentes de froid septiformes ou en coin; ceci explique l'obliquité de certains de ces écoulements sur le front de taille. Les parois verticales où nous avons observé le phénomène sont évidemment anthropiques, mais des surfaces horizontales existaient au Quaternaire et il n'est pas impossible que les eaux de ruissellement aient déjà, alors emprunté les mêmes chemins créant des sillons, fossilisés par un remplissage postérieur que nous retrouvons actuellement sous forme d'injections en particulier.

FENTES DE FROID *

Nous n'avons pu dénombrer les fentes de froid (Fig. 15) tant elles sont nombreuses. Le massif sableux est sillonné de toute part, par des fentes de divers types que nous allons décrire ci-après.

A. Fentes septiformes (Fig. 15:A)

Nous appelerons ainsi de simples cassures dont les épontes se sont rejoints après le dégel sans emprisonner de corps étrangers. Elles peuvent avoir offert un chemin préférentiel à la percolation des eaux. Dans ce cas leur tracé est souligné sur la coupe, soit par une ligne ferruginisée indurée pouvant atteindre quelques millimètres d'épaisseur dans les endroits aérés, oxydants, soit au con-

* L'auteur va publier incessamment une étude précisant des théories nouvelles sur l'origine de divers phénomènes de cryergie, sur les fentes en particulier, théories basées sur l'élasticité, la plasticité, les propriétés rhéologiques et de pseudo-viscosité des sols gelés.

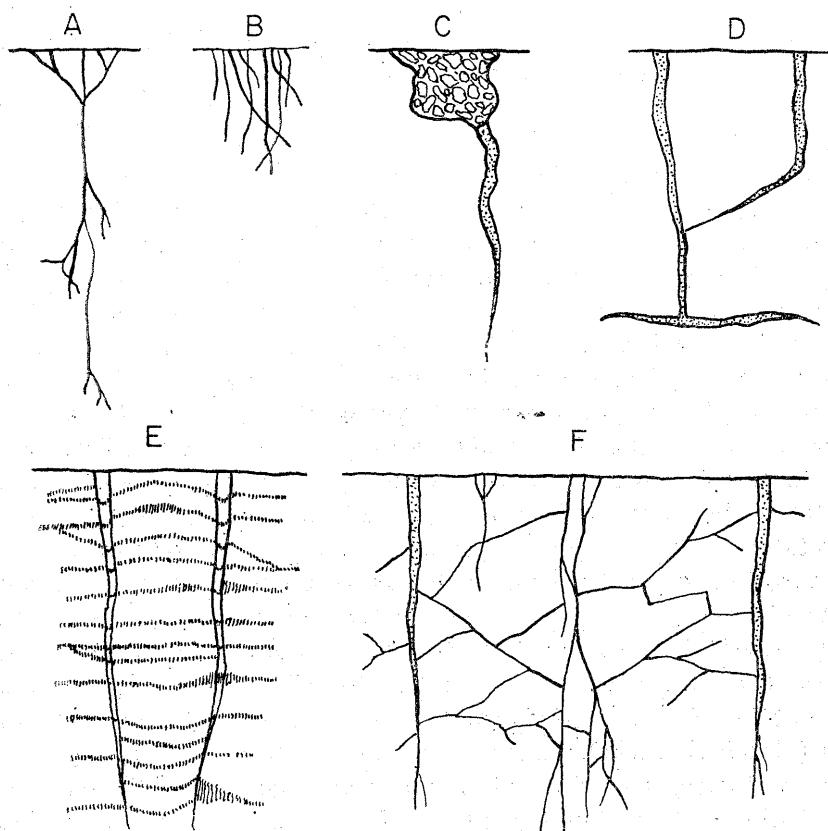


Fig. 15. Fentes de froid

A — septiforme, B — nid enchevêtré, C — en coin avec injection de cailloutis à la partie supérieure, D — en coin concourantes contournées, E — en échelle dans du sable affecté de ferruginisation en bandes, F — réseau maillé vertical. Sol gonflé par le gel

traire, par une ligne blanchie, déferruginisée de 10 à 20 mm de largeur dans les zones mal aérées. Les fentes dépourvues de ces traces d'actions chimiques sont difficiles à déceler si ce n'est en cours d'exploitation grâce à la solution de continuité qu'elles créent dans le sable. Les fentes septiformes sont de beaucoup les plus nombreuses. Les écartements de plus de 3 à 4 m sont rares, ceux inférieurs à 0,50 m sont fréquents ceci pour des fentes bien développées. Par ailleurs on trouve des groupes de fentes courtes (longueur maximum 0,40 m) qui sont rarement espacées de plus de 10 cm. Nous avons observé de véritables nids où l'intervalle était tout au plus de 2 cm. Dans le plan vertical, certaines dépassent toute

la profondeur de la coupe (jusque 22 m) tandis que d'autres peuvent être observées sur toute leur longueur très variable d'ailleurs, il en est ne dépassant pas 0,10 m. En planimétrie elles sont sensiblement rectilignes et très longues, les carriers en ont suivi sur plusieurs centaines de mètres. Au sommet des ramifications apparaissent parfois, elles présentent alors la forme d'un delta pointe en bas dont les bras peuvent être eux-même ramifiés. Angle du delta 60 à 80°. Le long des fentes profondes, la coupe verticale montre de nombreuses ramifications, longues, généralement sub-verticales, bien que certaines atteignent l'horizontale, parfois entrecroisées, elles s'écartent peu de la cassure maîtresse qui se termine en éffilochure à plusieurs branches subparallèles (Fig. 15 : A). Les fentes profondes sont parfois concourantes, les courtes ne sont jamais ramifiées, mais elles peuvent s'entrecroiser (Fig. 15 : B). Les fentes sont verticales ou légèrement inclinées environ de 15° faiblement ondulées. Nous n'avons pas pu déceler une orientation préférentielle. Cependant on trouve souvent des petits groupes, toutes parallèles et inclinées du même côté. Elles se rencontrent avec la même fréquence à tous les niveaux — A la sablière Lanfant, elles traversent non seulement les sables, mais encore les argiles d'Orchies sus-jacentes Chez Hochard, certaines coupent la solifluxion de base Wurm et elles y sont déferruginisées (*bleached cracks*). Le massif est donc complètement et profondément fissuré, sans dislocation apparente, ce qui rend peu vraisemblable l'explication du phénomène à partir de dissolutions karstiques de la craie sous-jacente suivies d'effondrements. Ces fentes semblent être dues à un effort de cisaillement simple (théories de Rankine et de Mohr) appliqué à un sol rendu cohérent et élastique par le gel (voir note, p. 46). Il semble en outre que seule la cohésion due au gel puisse expliquer de telles sans éboulement des épontes et si l'on en juge par leur longueur leur profondeur, leur fréquence, le gel à dû être intense et surtout prolongé (voir H. Bertouille, 1964 a).

B. Fentes en coin

Contrairement aux précédentes, les fentes en coin ont emprisonné entre leurs épontes un matériau d'apport. Très nombreuses quoique beaucoup moins que les septiformes elles sont souvent groupées et alors leur écartement en plan varie de 2 à 10 m et en coupe verticale, leur longueur oscille entre 1 et 6 m, rarement plus avec une ouverture au sommet proportionnelle à la longueur

(max. 10 cm). La disposition cunéiforme pointe en bas est générale mais elles affectent, toujours dans le plan vertical des allures très variables: verticales ou légèrement obliques, droites ou ondulées, en zig-zag, contournées, concourantes etc... (Fig. 15 : D).

Une disposition particulière affecte les sables ferruginisés en bandes subhorizontales provoquant dans celles-ci des déformations caractéristiques. Le phénomène est lié à la présence de 2 ou 3 fentes en coin sensiblement parallèles et voisines, les déformations dues aux pressions génératrices des fentes n'apparaissent plus lorsque celles-ci sont écartées de plus de 1,50 m environ. A l'extérieur du groupe de fentes, dans la zone limitrophe les bandes ferruginisées sont incurvées vers le bas parfois dédoublées et la jonction avec la fente se fait souvent par un triangle horizontal en forme de coin que nous appelerons *encoignure*. Dans la fente, entre les épontes les bandes subsistent en forme de cuvettes à faible rayon de courbure et dans la partie médiane, entre les fentes elles sont incurvées vers le bas à la base du système et passent insensiblement à une incurvation vers le haut au sommet (Fig. 15 : E).

Quelle que soit leur forme, la partie inférieure des fentes en coin se termine soit par effilement soit par effilochure en brins multiples, tandis que la partie supérieure part en général du sommet d'une couche. M. Macar (1949—1958) a montré que dans le cas contraire le sommet de la couche est toujours remanié. Nous avons fait la même observation. Comme pour les précédentes, nous n'avons pas trouvé de directions privilégiées. Il est fréquent qu'elles se coupent sans pour cela former de véritable réseau maillé, dont nous n'avons pu observer qu'un unique cas, à la sablière Camblin c'est à dire sur palier et dans les sables ferruginisés Mindel—Riss sous les solifluxion Riss.

Les fentes qui le composent ont une profondeur de 2 à 4 m. Légèrement ondulées en plan, elles se coupent sensiblement orthogonalement suivant des directions NS—EW formant des mailles de 3 à 10 m de côté.

A quelques rares exceptions près, toutes nos fentes sont à remplissage sableux éolisé ou colluvié. Ce sable est tantôt ferruginisé c'est le cas le plus général — tantôt non ferruginisé dans ce dernier cas, les épontes sont fréquemment tapissées par des mouchetures noires de manganèse.

A la carrière Balesdent nous avons rencontré quelques fentes remplies du limon brun schistoïde étudié ci-avant. Sous les dépôts soliflués nous avons observé en coupe verticale de très courtes (0,40 m) trainées de petits galets orientés simulant des fentes en coin. L'obliquité dans le sens de la coulée nous incite à y voir des

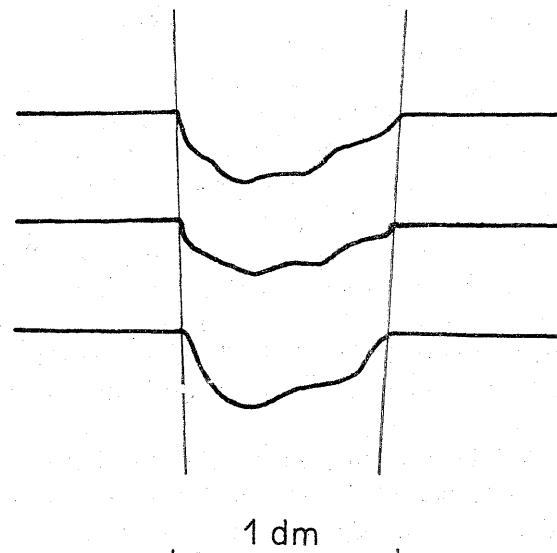


Fig. 16. Ferruginisation en bandes formant cloisonnements dans une fente en coin à remplissage sableux. Sablière Municipale

injections ou appendices laminés par la coulée plus que de véritables fentes de gel. Cas particulier: la couche aliotique de la sablière Municipale est quadrillée par un réseau très serré (maille de 0,50 à 2 m) de fentes peu développées (2 m max.) mais trapues à remplissage sableux. Cette couche présente une ferruginisation à bandes très étroites (2 cm) indurées. Ces minces horizons ferruginisés se prolongent dans le remplissage des fentes en y formant des cloisons ondulées (Fig. 16).

Enfin il est des fentes qui se terminent au sommet par un sillon dont le remplissage est différent de celui de la fente: cailloutis ou limon (Balesdent). Dans notre cas ces sillons sont plutôt modestes et d'aspect tourmenté. Nous les attribuons à la fossilisation d'écoulements d'eau dont nous avons parlé en début de ce chapitre (Fig. 15 : C).

Nous avons rencontré des fentes en coin dans les sables, sous tous les dépôts quaternaires quelque soit leur âge. Il semble cependant que les sables ferruginisés Mindel—Riss aient été particulièrement affectés par la période froide Riss antérieure aux solifluxions de cet âge.

La carrière Delotte nous en montre qui se terminent sous les sables limoneux à concrétions généralement attribués au Sparnacien. Ce cas est très troublant et nous a incité à ranger ces terrains provisoirement dans les formations d'âge incertain et d'envisager leur formation au cours d'un Quaternaire très ancien. Nous n'avons pas décelé de fentes en coin dans les loess Wurm.

Les fentes cunéiformes sont attribuées à la contraction du sol dans un gradient de température. Cette hypothèse est incomplète et nécessite pour être valable mécaniquement, l'intervention d'une force réactive supplémentaire (note, p. 46). Mais leur évasement cunéiforme relève aussi d'autres mécanismes. On peut émettre sur ce sujet plusieurs hypothèses basées sur le coefficient de dilatation de l'eau et sur la propriété de ségrégation de la glace dans le sol. On sait que l'eau se dilate en gelant. Si donc une fente est remplie d'eau la congélation de celle-ci exercera des pressions sur les épontes de la fente qui tendront à l'évaser et à l'approfondir jusqu'à obtention de l'équilibre entre pression de la glace et inertie du sol.

Si des alternances de gel et de dégel surviennent on conçoit très bien que la fente en coin se développera dans une certaine mesure même pour des températures peu inférieures au point de congélation. Au cours d'oscillations de températures on obtiendra même sans nécessairement atteindre de point de dégel des dilatations et des rétractions de la glace, et du sol encaissant ces dernières créant un vide dans la fente. Ce vide pourra être comblé selon les conditions climatiques soit par des éléments lithiques fins éoliens soit par de la neige qui se transformera en glace. Dans l'un comme dans l'autre cas le contenu de la fente aura augmenté et la prochaine dilatation engendrera de ce fait de nouvelles pressions avec accroissement de la fente. C'est peut-être à ce processus que l'on doit la schistosité verticale de certains remplissages. Il y a lieu aussi de considérer l'accroissement des coins de glace par ségrégation. Toutes ces causes ont pu d'ailleurs jouer ensemble ou simultanément.

C. Fentes profondes — Type Macar (1958)

Nous n'en avons observé qu'une seule qui traverse la sablière Balesdent dans toute sa longueur (200 m) dans une direction NNE—SSW soit parallèlement à la vallée éloignée de quelque 30 m. Son ouverture — 4 cm reste sensiblement constante sur toute sa hauteur (visible sur 12 m). Son tracé en plan est légèrement ondulé tandis qu'en élévation il est presque vertical à peine sinueux mais présente des redents en trait de Jupiter aux angles vifs (Fig. 17).

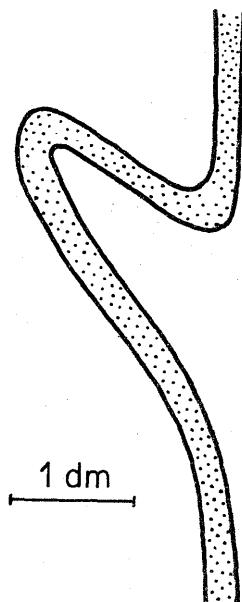


Fig. 17. Redent en trait de Jupiter sur le tracé vertical d'une fente profonde type Macar. Sablière Balesdent

Le remplissage est composé de limon brun chocolat, luisant à schistosité verticale parallèle aux épontes avec rares et petites loupes de sable incluses.

M. le Professeur Macar de Liège a étudié de telles fentes avec le même remplissage et les attribue au gel uniquement. Nous basant sur l'existence des redents à angles vifs qui n'auraient pas résisté à la moindre pression, au décrochement vers le bas, à la proximité et au parallélisme de la vallée, nous avons émis l'hypothèse que cette fente s'était produite dans un sol encore gelé mais par suite d'un affaissement ou d'un léger basculement de la bordure

du massif, par appel au vide. Au début d'une phase de dégel, le pied du versant de la vallée a pu être dégelé et sapé au contact des eaux de la rivière mettant le bord du massif sableux encore gelé en porte à faux. La rupture a pu être hâtée par une amorce, une fente parallèle à la vallée dans laquelle les eaux de surface se sont insinuées faissant perdre au pergélisol sa cohésion. Mais nous sommes ici en présence d'un effet de thermokarst que l'on peut dater du Riss inférieur plus exactement du début du 1er interstade (Dylik, 1966).

D. Réseaux maillés verticaux — (Fig. 15:E)

Nous en avons rencontré deux (sablières Delotte et Denaes I) toujours à proximité de la vallée.

Dans une zone limitée par des fentes en coin septiformes verticales, nous trouvons sur une profondeur de 6 à 7 m de nombreuses cassures septiformes, ferruginisées, dessinant un réseau dont les mailles dépassent rarement 1 m² de surface. Les fentes sont rectilignes, courbes, en gradin, ramifiées et peuvent prendre toutes les inclinaisons. Nous en avons observé une absolument droite de 12 m de long inclinée de 10° sur l'horizontale et ayant la forme d'une loupe extrêmement aplatie (au centre 2 à 3 cm). En général la ferruginisation indurée qui les souligne ne dépasse pas 1 cm d'épaisseur et ne constitue pas un remplissage mais une imprégnation ferrugineuse du sable des épontes. Cette ferruginisation à la même origine que celle des bandes plissotées dont il sera question au chapitre suivant: l'écoulement des eaux vers l'exutoire naturel par les fentes de gel. La différence de faciès provient sans doute du fait que dans le cas présent le sable de la couche affectée est fortement ferruginisé tandis qu'il n'est pas ou peu dans le cas des fentes plissotées. La ferruginisation a fossilisé le gonflement par ségrégation de glace d'un sol (horizon B d'accumulation) rendu sensible au gel par une pédogénèse antérieure — (Mindel—Riss). Les possibilités accrues de pénétration offertes au gel à l'oxygène de l'air par les flancs des vallées expliquent la localisation du phénomène dans une zone marginale à leurs abords.

AFFAISSEMENTS

Nous avons observé 2 affaissements importants.

(1) Sablière L'Anfant. Une bande de 10 m environ de largeur traversant la sablière suivant une direction sensiblement

NE—SW et aboutissant à la vallée présente un affaissement de 0,50 m affectant le Tertiaire et les argiles d'Orchies seules les couches Wurm ne sont pas dérangées, les épontes sont verticales sans remplissage ni ferruginisation.

(2) Sablière Mannessier. Un affaissement formant une bande de 1,50 m de largeur de direction NW—SE aboutissant à la vallée affecte le substratum sableux et les dépôts Riss.

Les épontes sont verticales avec ferruginisation septiforme: simple trait brun légèrement ramifié par endroits.

On conçoit aisément que le gel périglaciaire avec son pergélisol, le gonflement du terrain, les ségrégations de glace, a fortement perturbé les couches superficielles, les fentes de gel en sont les témoins. Au cours de dégel, les masses fissurées, plus ou moins disloquées, ont comblé les vides laissés par la fusion de la glace et, insensiblement, repris un état d'équilibre généralement différent de celui qu'elles avaient avant le gel. Les différences se sont traduites par des décalages, des affaissements, des dislocations, avec formation de sols bréchoïdes c'est à dire composés de galets de pergélisol emprisonnés dans une matrice pulvérulente. Ces sols bréchoïdes sont particulièrement décelables lorsque la couche initiale était ferruginisée avant sa dislocation.

Dans les 2 cas envisagés ci-dessus, la forme en bande des affaissements et leur direction dans le sens de la pente générale du terrain, permet de supposer que des écoulements aquifères sous le pergélisol¹, voire des dissolutions karstiques au niveau du substratum crétacé ont pu conjointement avec les tassements dus au dégel, provoquer de tels affaissements. Seul le second tassement décrit ci-dessus peut-être daté de la glaciation Riss mais il est bien certain que comme les fentes de froid se sont produites durant toutes les périodes froides du Quaternaire, des tassements, des affaissements ont eu lieu à chaque dégel. Le phénomène est intimement lié au climat.

INJECTIONS

A. Infections de blocailles

Nous trouvons ce phénomène uniquement sur les pentes où les cailloutis des solifluxions superficielles ont pénétré en profondeur dans le substratum, parfois de plus de 2 m. Nous en avons figuré 2 exemples bien caractérisés dans le coupe Denaes I (Fig. 7). En

¹ Phénomène de „renard”.

coupe verticale, ces injections montrent une surface aux contours tourmentés présentant souvent des appendices éffilés obliques ou en forme de T inversé. Les limites verticales ou subverticales sont soit concaves d'un côté convexe de l'autre, soit bi-concaves. La base, toujours plus large que le corps de l'injection forme un véritable empattement convexe vers le bas avec prolongements horizontaux linéaires. Parfois les injections présentent la forme de bandes obliques, fortement inclinées vers la déclivité, incurvées vers le bas, avec empattements et prolongements basilaires comme dans le cas précédent. Là où plusieurs injections voisinent, leurs niveaux de base se situent toujours sur un même plan horizontal qui apparaît souvent comme une limite stratigraphique mineure du substratum.

En planimétrie, les injections forment des bandes orientées dans le sens de la pente du terrain s'évasant rapidement vers l'aval. Leur allure générale permet de préjuger du mécanisme de formation: sur une poche préexistante, sillon de coulée de solifluxion ou chenal fossile dont nous avons parlé au début de ce chapitre: les terrains encaissants dégelés fluants sur pergélisol persistant

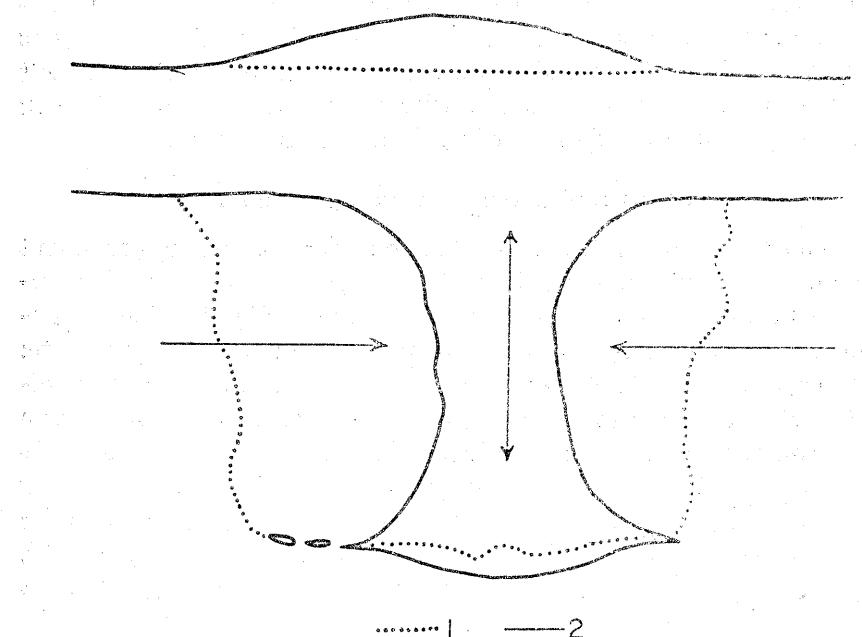


Fig. 18. Injections: mécanisme de formation

1. position initiale; 2. position finale des cailloutis

en déclivité ont exercé des poussées latérales soit sur une face soit sur les faces opposées de la poche tendant à l'écraser à la déformer et même à la déplacer, avec formation d'appendices au niveau inférieur de glissement c'est à dire au sommet du pergélisol ce qui explique l'horizontabilité et l'unité du plan de base des injections. Les faces verticales ont enregistré les efforts de poussée et les réactions antagonistes (inerties frottement ...) tandis que la base s'incurvait sous l'effet des résultantes verticales secondaires engendrées, en même temps que se produisait un écoulement par le haut (Fig. 18). Il y a lieu d'insister sur le fait que ces formes sont obtenues non par une dynamique propre aux cailloutis mais par le glissement sur pergélisol, des terrains encaissants dégelés.

B. Injections de limon

Nous avons observé des injections loessiques au niveau 35 m (sablière Mannessier) celles-ci beaucoup moins importantes que les précédentes se trouvent sur palier et semblent procéder d'un tout autre mécanisme génératrice. Elles ne présentent pas les mêmes formes quoique toujours tourmentées et la stratification des couches encaissantes n'est pas dérangée. Il semble qu'ici nous soyons en présence de loess déposé soit directement par éolisation soit plus probablement par colluvionnement dans des fissures du sol: fentes de gel ou sillon de ruissellement béant en surface.

POCHES HÉMISPHÉRIQUES EN »CHAUDRON«

Partout où les argiles d'Orchies ou des limons apparaissent surmontés de cailloutis soliflués, ils se présentent toujours creusées de poches sensiblement hémisphériques (Fig. 19). Le phénomène qui se concentre sur les plateaux, affecte la forme suivante: creusées dans l'argile ou le limon, poches hémisphériques, quelquefois à fonds plats souvent individualisées parfois sécantes d'une profondeur atteignant 2 mètres pour une ouverture au sommet de 1 à 5 mètres de diamètre. Les poches individualisées sont très rapprochées les unes des autres, l'écartement est parfois inférieur à 0,50 m. Entre les poches, il y a redressement à la verticale des couches d'argile. Ce fait est particulièrement bien marqué à la sablière Municipale où la strate intéressée est un paléosol panaché rouge sur limon sableux contenant des lits de galets lesquels lits ont pris une disposition hémisphérique concentrique aux poches,

avec alignement des galets dans le même sens tandis que le limon rouge traverse la solifluxion sus-jacente épaisse de 1 m en dérangeant son organisation. Les poches sont remplies de galets soliflués orientés parallèlement aux contours dans la zone périphérique, tandis que le centre présente un aspect chaotique.

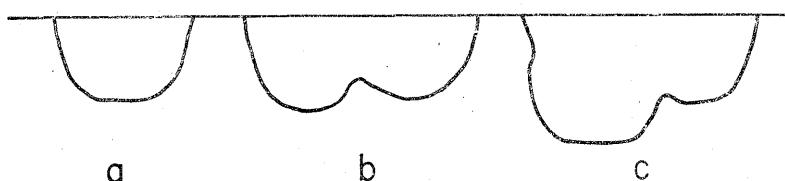


Fig. 19. Poches hémisphériques en chaudron
a — individualisées, b — sécantes, c — à fond plat

Le phénomène est incontestablement lié au climat, la disposition en poches et le redressement des couches semblent avoir été obtenus dans un mollisol gorgé d'eau sous l'effet d'une pression superficielle et peut-être emprisonné entre pergélisol et couche gelée en surface c'est à dire dans un espace sensiblement clos dans lequel les gonflements dus au gel et aussi à l'humidification des argiles dont le coefficient de gonflement est dans notre cas très élevé ont développé dans certaines conditions des pressions, et contraintes considérables. Les poches à fonds plats semblent indiquer que les déformations des couches de terrain ont été limitées à la base par le pergélisol. Dans le cas général, le remplissage est homogène et constitue une accumulation locale des composants d'une seule et même couche. Mais il n'en n'est pas toujours ainsi. Nous avons observé à la sablière Mannessier (altitude 36 m) dans un thalweg du Mindel des poches un peu plus petites que les précédentes (profondeur 1 m pour une ouverture de 2 m) dont le remplissage rissien présentait une alternance de lits sableux et de cailloutis parfaitement stratifiés due à une sédimentation réalisée après creusement. Dans ce cas particulier, les cavités semblent avoir été façonnées par des lentilles, des culots de glace superficiels en eau peu profonde et remplies ensuite par des apports éoliens ou de débordement de la rivière. On peut encore envisager la formation de ces poches par des pingos rapprochés et de dimensions réduites dont la partie superficielle bombée de l'enveloppe aurait été érodée au point de laisser une cuvette incomplètement remplie après fusion de la lentille de glace et effondrement des couches soulevées (Fig. 10).

INDENTATIONS

D'une manière générale, elles se présentent sous forme d'ondulations plus ou moins longues et profondes ou en dents de scies dont les dimensions varient selon la nature de la roche, de la durée et de l'intensité de l'érosion. Dans le cas le plus général elles sont dues à l'action des eaux courantes et en situation périglaciaire, le pergélisol peut en limiter l'importance et modifier les formes.

C'est ainsi par exemple que nous avons observé à la sablière Balesdent une pyramide de sable du substratum verticalement pénétrant dans une coulée de blocailles. Sa base triangulaire avait 0,30/0,60 m et sa hauteur 1 m environ. Les 2 grandes faces subverticales étaient formées par les épontes de 2 fentes en coin concourantes. La présence de ces fentes est évidemment à l'origine du phénomène et son maintient au milieu de la solifluxion ne peut être dû qu'à la persistance du gel dans cette masse pyramidale.

RAVINEAUX

A la sablière Lanfant nous avons observée sur le flanc de la vallée exposé au Sud des ravineaux au profil anguleux, pouvant atteindre 1 m de profondeur et 2 m de largeur, avec au fond du sillon pavage sporadique de gros silex gélivés et petites injections caillouteuses ou argileuses. Ces ravineaux entaillés dans le sable Mindel—Riss S3R1 sont surmontés du loess Wurm I. Nous voyons en cela un point de départ de la solifluxion du début du Wurm sur un versant ensoleillé. Les ravineaux ont été creusés dans le pergélisol par la coulée en marche (Fig. 2).

ÉBOULIS STRATIFIÉS

Le remplissage des thalweg des sablières Municipale, Balesdent et Houppe est constitué par des éboulis stratifiés dus au gel périglaciaire. Le second est particulièrement typique, nous allons le décrire (Fig. 8). Le thalweg a une direction E—W, l'éboulement provient de la berge Sud et les différentes couches sont inclinées vers le milieu du chenal suivant un angle moyen de 18°.

A la base, un lit de silex de moyenne grosseur, cryoturbés, profondément patinés en brun, emballés dans un sable ferruginisé rouge-jaune 5 YR—4/6, à atteint le fond du thalweg où il accuse une épaisseur moindre que sur le versant — 0,50 m.

Au centre: 7 couches de sable rouge-jaune 5 YR-5/8 présentant un litage graduel avec éléments grossiers à la base se superposent.

Leur épaisseur s'amenuise généralement vers le bas et cinq de ces lits ont atteint le flanc Nord tandis que deux se terminent en biseau à l'intérieur de l'éboulis. Ces 7 couches sont séparées les unes des autres par de minces cailloutis de silex ferruginisés, rouge-jaune 5 YR-4/8, de grosseur variable mais assez réduite dont deux n'ont pas atteint le versant Nord du sillon — 1,50 m.

Au sommet: cailloutis de silex de moyenne grosseur s'amenuisant le long de la pente pour se terminer vers le centre du thalweg — 0,30 m.

Tous ces lits inclinés présentent la particularité d'être, plus épais et formés de plus gros éléments au sommet de l'éboulis.

Interstratifiée dans ces couches, nous retrouvons une loupe d'alluvions fluviatile de débordement dans laquelle alternent des lits de sable roux, de limon gris et de gravillon — 1,00 m.

L'ensemble est surmonté du limon fendillé panaché Riss—Wurm.

PALÉO-PÉDOGÉNÈSE, CHIMISME

PALÉOSOLS, CHRONOLOGIE

Toutes les périodes interglaciaires comme aussi les interstadés ont vu se développer une végétation climacique qui a marqué de son empreinte le sol nourricier. La connaissance de cette végétation est du plus haut intérêt. Malheureusement dans notre cas, beaucoup de ces paléosols ont disparu et ce qu'il en reste ne nous a livré aucun pollen fossile. Nous les avons décrits au chapitre 1 et nous rappelons ici brièvement leurs caractéristiques. Nous remarquons tout d'abord à la suite de Melle Alimén (1954) que ces dépôts sont colorés différemment suivant leur âge, ce qui implique des variations des conditions d'élaboration, de climat en particulier: Nous trouvons par ordre chronologique:

(a) Au sommet des sables landéniens du type continental, 2 cycles podzoliques de climat chaud superposés occupant systématiquement les sommets, sous les sables et argiles d'âge incertain.

Particulièrement bien visibles à la sablière Delotte, ils ont subi une érosion intense entre le moment de leur formation et le dépôt des sables limoneux et des argiles d'Orchies qui les recouvrent.

Le premier paléosol nous montre un horizon A1 violet 5 YR-5/2 à 6/1 suivi d'un horizon A2 lessivé et d'une accumulation ferrique; aliotique B brun vif 7,5 YR-5/8. De tels profils ont été observés au Congo ex Belge par Mr Gullentops et en Côte d'Ivoire et à Pointe Noire par Mr Aubé, ils caractérisent une évolution podzolique profonde, obtenue en climat tropical humide sur roche mère filtrante et sous couvert forestier. Après détérioration naturelle ou accidentelle de la forêt, une végétation à enracinement moins profond a élaboré un second paléosol, l'horizon A1 du premier lui servant de roche mère C.

(b) Sablière Lanfant — à base de la couche de sable limoneux d'âge incertain coulée d'une boue rouge 10R-3/6 paléosol érodé, d'origine et d'âge indéterminés mais probablement postérieurs aux précédents qui s'y trouvent inclus à l'état de galets mous.

(c) Sablière Municipale — Paléosol panaché rouge 10R-5/6, sur limons sableux inclus entre 2 solifluxions du Quaternaire ancien.

Les sols panachés sont généralement considérés par les pédologues comme étant formés en climat humide et chaud sous couvert forestier. Ce paléosol est affecté de décolorations localisées (*bleached cracks*) et la solifluxion y a creusé des poches hémisphériques.

(d) Ferruginisation Mindel—Riss: Elle s'est développée d'une façon systématique dans les sables éolisés du Mindel—Riss en particulier sur les pentes des vallées et sur les paliers des niveaux moyens et inférieur, où nous la retrouvons sous les solifluxions Riss. Cette ferruginisation 7,5/R-5/6 d'origine pédologique constitue un horizon inférieur d'accumulation ferrique et manganésifère d'un profil dont la partie supérieure a disparu. Elle est le siège de divers phénomènes secondaires étudiés ci-près.

(e) Le période Riss—Wurm est caractérisée par un dépôt limoneux étudié au chapitre II, il présente le faciès panaché et fendillé d'un sol de forêt.

(f) Les loess Wurm ont été le siège de pédogénèses avec formation des lehms caractéristiques.

En plus de ces paléosols bien définis stratigraphiquement, on trouve à divers niveaux, au sommet des argiles d'Orchies en particulier des couches colorées qui pourraient être des paléosols remaniés.

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES

A. Ferruginisation

La ferruginisation qui affecte une partie notable des sables de nos buttes témoin, plus particulièrement ceux situés sur le bord, revêt des intensités et des faciès variés. Nous avons prélevé des échantillons dans les zones ferruginisées et dans celles non ferruginisées adjacentes et nous avons comparé leur granulométrie, leur façonnement éolien et leur teneur en glauconie et en minéraux lourds. Les résultats de nos observations se résument en ceci:

(1) *Ferruginisation homogène.* Cette ferruginisation est assez faible et de teinte uniforme. Parfois située à la base du massif, sa limite supérieure est horizontale et semble coïncider avec un ancien niveau phréatique la partie immergée étant ferruginisée. D'autrefois elle occupe une bande plus ou moins large, continue, horizontale incluse dans des sables non ferruginisés; elle souligne alors généralement un horizon particulier, ainsi à la sablière Lanfant, elle se situe au sommet du dépôt de marais maritime S1, là où de nombreuses tubulures dénotent une activité biologique intense. Ces ferruginisations sont sinon contemporaines du dépôt du moins très anciennes, cénozoïques. En certains points, ce sont les sables continentaux S3 ou S3R qui en sont affectés. Ils se situent alors sous le paléosol violet à horizon aliotique quaternaire ancien auquel la ferruginisation dans ce cas semble être liée.

(2) *Ferruginisation zonaire.* Elle se présente sous forme de loupes, de zones lenticulaires parfois d'assez grandes dimensions se surimposant souvent à la ferruginisation précédente. Ces loupes sont soit disséminées sans ordre systématique soit groupées dans une bande large, discontinue qui s'appuie alors généralement sur un horizon d'accumulation limoneux ayant l'aspect des doublets des loess et renfermant des granules de manganèse, signe de lessivage. En certains points nous avons décelé une augmentation de la fraction grossière du sable dans les zones ferruginisées sans variation des composants.

(3) *Ferruginisations en bandes:*

(a) Bandes parallèles, superficielles régulières. Dans les sables fluvio-marins, deltaïque situés au sommet des dépôts landéniens, on observe des bandes ferruginisées horizontales très régulières et assez régulièrement espacées (largeur 10 à 20 cm), écartement

(20 à 30 mm) toujours sous la ferruginisation Mindel—Riss dont elles semblent être le prolongement en profondeur. La teinte rouille s'atténue en s'éloignant de la surface. La granulométrie de ces bandes montre que la ferruginisation s'est localisée dans les parties du dépôt deltaïque fluvio-marin où domine l'apport de sable S3 d'Ostricourt continental plus grossier. Autrement dit, la ferruginisation s'est concentrée dans des zones préférentielles qui, par leur granulométrie leur porosité, leur degré de façonnement permirent l'infiltration et une rétention capillaire suffisante de l'eau véhiculant les sels de fer, en milieu aéré oxydant. Dans ce cas, la ferruginisation vient souligner les différences granulométriques.

(b) Bandes plissotées. Il existe aussi des bandes ferruginisées plissotées, sub-parallèles dont le dessin n'obéit à aucune loi et ne se produit pas systématiquement. Larges de quelques millimètres à 50 mm leur espacement moyen est de l'ordre de 16 à 17 cm. Leur limite supérieure est relativement plane, celle inférieure par contre est festonnée et porte des appendices de quelques cm de longueur. La teinte rouille, à partir d'une ligne foncée, qui est en réalité une fissure dans laquelle le tassemement du sable est moindre et où les grains ont tendance à se disposer à plat entre les épontes, s'atténue vers le bas, l'inverse est rare.

Ces bandes s'observent dans la partie supérieure des sables, souvent associées à des fentes de froid, elles sont généralement inclinées de quelques degrés sur l'horizontale, elles recoupent la topographie actuelle et l'ensemble présente parfois des décrochements vers le bas qui incitent à penser que ces bandes se sont développées parallèlement à la topographie existant du moment de leur formation.

On les trouvent aussi en profondeur (10 m et plus) elles sont alors associées à des fentes de froid septiformes. A partir de une ou plusieurs fentes maitresses débouchant à l'extérieur, il s'est développé dans la masse en profondeur un ensemble fissuré composé de fentes rectilignes parallèles aux premières, espacées de 50 à 60 cm inclinées sur la verticale de 15 à 20° et de fentes secondaires sinuées enchevêtrées, formant avec les précédentes un réseau irrégulier, quelquefois au contraire avec mailles parallélogrammiques. Le long des fentes verticales ou isolément dans la masse, il s'est formé des amorces de fentes en Ve à pointe en bas dont les branches font entre elles un angle de 30 à 40°. La ferruginisation s'est développée à partir de ces fentes, sa teinte est homogène dans chaque groupe de bandes mais elle est plus accentuée dans les en-

semblent plus fissurés donc mieux aérés. Parfois ces bandes qui peuvent être inclinées de 10° sur l'horizontale, sont limitées aux fentes maîtresses, parfois elles les dépassent pour se perdre en s'amenuisant dans la masse non ferruginisée. A la naissance de certaines bandes horizontales le long d'une fente verticale, il existe des triangles horizontaux ou encoignures: Vés et encoignures sont fortement ferruginisés et semblent avoir été des zones d'accumulation ou de circulation des eaux (voir H. Berthouille, 1964a).

Les bandes plissotées se rencontrent encore assez systématiquement dans une zone marginale de 10 à 15 m de large parallèle au flanc des vallées dans lesquelles elles aboutissent. Là aussi elles sont associées à des fentes horizontales qui se prolongent souvent vers l'intérieur du massif au delà de la zone ferruginisée. On peut supposer que les dépôts ferrugineux en bandes plissotées sont dues à des précipitation par congélation des solutions du sol. En fin de période froide, lorsque le sol était encore gelé en profondeur, les eaux d'infiltration à une température voisine de 0° après avoir traversé le mollisol, se sont écoulées soit par des collecteurs de drainage: réseaux de fente, vés, encoignures soit au niveau du pergélisol vers les vallées. L'hiver, ou durant certaines périodes sèches l'écoulement liquide se trouvant réduit et les fentes mieux aérées, le fer ferrique pouvait se déposer.

(c) Sols ferruginisés bréchoïdes. Les zones fissurées précédentes sont souvent accompagnées d'effondrements à la base et leur partie supérieure présente fréquemment une dislocation en blocs anguleux (pergélisol) noyés dans un sable d'apport de teinte généralement différente. En coupe verticale comme en planimétrie, les régions ainsi disloquées présentent une ferruginisation alvéolaire dans laquelle viennent se fondre les fentes maîtresses dont nous avons parlé. Le centre des alvéoles est constitué par des blocs du terrain primitif disloqué par le gel et restés gelés durant le remplissage des vides. Généralement ce remplissage est plus ferruginisé que l'ensemble cependant le cas inverse existe: lorsque la dislocation a affecté un terrain préalablement ferruginisé, un horizon d'accumulation pédologique par exemple. Le remplissage de ces fentes pose parfois un problème difficile à résoudre. Généralement le matériau d'apport provient de couches supérieures ou de la surface alors, il est impur, hétérogène, ocreux. Nous avons observé des cas où ce procédé ne pouvaient être retenus et pour lesquels nous avons envisagé une remontée sous pression de sable des profondeurs, imprégné d'eau selon un processus semblable à celui qui

provoque les bombements et ostioles de toundras (H. Bertouille et A. Cailloux, 1966).

(d) Ferruginisation uniforme du pied des versants. En bordure des vallées les bandes ferruginisées de la zone marginale aboutissent généralement à une couche de sable fortement ferruginisée et homogène dans laquelle on voit le plus souvent un horizon B d'accumulation ferrique pédologique. On peut aussi proposer l'explication suivante: les eaux de percolation arrêtées dans leur descente par le pergélisol se sont écoulées vers la vallée au niveau supérieur de celui-ci par drainage latéral formant comme nous l'avons dit les bandes ferruginisées plissotées d'abord et ensuite dans la partie dégelée sur le flanc de la vallée, la ferruginisation homogène qui peut d'ailleurs se surimposer à un véritable paléosol.

(4) Ferruginisation punctiforme. Autour d'une petite zone non ferruginisée elle même souvent centrée par rapport à un point, une petite masse indurée d'oxyde de fer, se développe une auréole concentrique ferruginisée de couleur rouge. Il semble qu'il y ait eu migration radiante des sels de fer, véritable podzolisation miniature. Dans bien des cas, cette ferruginisation est d'origine biologique: par exemple; de nombreuses tubulures montrent une telle auréole ferruginisée due soit directement à la présence des organismes vivant dans la tubulure soit au drainage opéré par celle-ci.

(5) Ferruginisation linéaire. Cette ferruginisation apparaît en coupes verticales sous forme de lignes ramifiées, s'enchevêtrant plus ou moins dans une zone ondulée sensiblement horizontale de quelques centimètres de largeur. La teinte est variable et les bandes se repètent parfois parallèlement à des niveaux différents. Nous pensons qu'il y a lieu d'attribuer ce genre de ferruginisation à la précipitation des sels de fer par le froid en milieu relativement sec. De telles précipitations de forme linéaire ont été obtenues par Mr Adolphe sur des blocs de craie par simple congélation (Adolphe, 1964).

Il semble d'une manière générale que l'intensité de la ferruginisation s'atténue et s'homogénéise avec l'âge, peut-être à cause de lessivages successifs et aussi de diffusion *a posteriori* des oxydes métalliques dans le sol.

La glauconie ne semble pas être affectée par ces divers types de ferruginisation sa teneur ne varie pas plus que sa morphologie et ses indices morphométriques. Il n'en est pas de même dans certai-

nes ferruginisations intense d'origine pédologique où elle se transforme en limonite. Dans certains paléosols développés sur sable landénien marin, nous avons retrouvé tous les caractères de la roche mère sauf la glauconie qui avait disparu; c'est le cas des matrices des solifluxions Rissiennes issues probablement d'un sol pédologique extrêmement ferruginisé du Mindel—Riss.

B. Fentes blanchies (bleached cracks)

(1) Quaternaire Ancien

A la sablière Municipale, le paléosol sableux, rouge, dans lequel la solifluxion sus-jacente a provoqué des poches hémisphériques, est le siège d'une décoloration partielle qui se présente sous forme de bandes de quelques centimètres de largeur, ondulées, parfois dédoublées. A la base de la couche ces bandes sont horizontales ou s'incurvent parallèlement au fond des poches hémisphériques. Dans la zone entre les poches où le paléosol dégelé, fluide et comprimé a tenté de s'épancher vers le haut en se frayant un passage à travers le solifluxion en voie de regel, les bandes blanchies sont verticales et plus nombreuses. Sensiblement centrées de part et d'autre de fentes de froid (ségrégation de la glace) elles sont généralement limitées par un liseré d'accumulation ferrique plus foncé que l'ensemble de la couche. Les coloris sont les suivantes: Ensemble de la couche 10 R-5/6, zones décolorées 10 YR-7/8 liserés: 2,5 YR-4,5/8. Il n'y a pas eu de remplissage des fentes de froid, il s'agit bien d'une décoloration chimique ou biochimique par réduction et migration des oxydes ferriques qui se sont redéposés dans les liserés d'accumulation. Nous sommes semble t-il en présence d'un horizon Bg d'un sol hydromorphe à pseudogley causé par une nappe d'eau perchée, temporaire au niveau d'une couche imperméable aujourd'hui disparue à travers laquelle s'effectuait un drainage réduit. Les fentes de froid, préalablement existantes, ont servi de chemin préférentiel à l'infiltration des eaux chargées d'éléments réducteurs provenant de la décomposition de l'humus.

(2) Wurm

A la sablière Hochard on observe traversant toute la couche de l'unique solifluxion caillouteuse, des fentes de froid verticales isolées du type septiforme avec épontes ferruginisées. De part et

d'autre de la fente se développe une zone décolorée de 2 à 4 cm, de largeur bordée par un liseré rougeâtre. Teinte de la couche non décolorée 10 YR-5/6, zone décolorée 2,5 YR-7/4, liserés 5 YR-4/8. La solifluxion est surmontée par une couche de lehm marmorisé par hydromorphie de surface. Ici aussi les fentes ont évacué les eaux chargées d'éléments réducteurs filtrant péniblement à travers le lehm peu perméable.

Dans le cas précédent comme dans le cas présent, la décoloration bien que d'aspect et d'âge très différents est due à une hydromorphie temporaire. Le liseré apparaît dans des conditions particulières de pH en présence de CaCO_3 .

C. Décoloration en plans orthogonaux sans fissuration

Les sables éolisés, ferruginisés Mindel—Riss, montrent sur les paliers Camblin et Mannessier soit à l'altitude 35/40 m une déferruginisation partielle se manifestant au sommet de la couche par la présence de zones décolorées se coupant orthogonalement (Fig. 20).

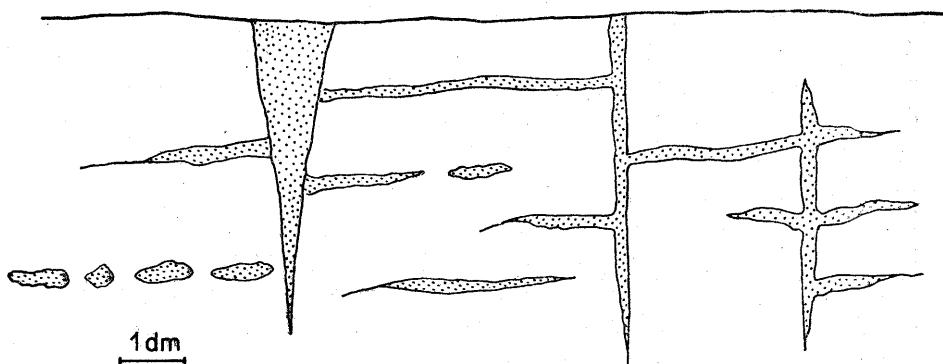


Fig. 20. Décoloration en plans orthogonaux sans fissuration

20). Les zones verticales se présentent sous la forme de coins trapus évasés au sommet, longueur 0,50 m, largeur maxima 0,15 m ou de bandes de 2 à 4 cm le largeur atteignant ou non le sommet de la couche et écartés de 1 m environ.

Les zones horizontales sont constituées par des bandes, des rubans de quelques centimètres de largeur ondulés subhorizontaux ou par des taches oblongues aux contours arrondis disposées en chapelet, dans un même plan et espacées de 0,05 à 0,20 m. Ici aussi la décoloration s'est effectuée par migration latérale des sels ferriques préalablement réduits et qui se sont ensuite réoxydés dans

des liserés marginaux formant ainsi une véritable micropodzolisation.

Zone non décolorée: Brun vif 7, 5 YR-5/6.

Zone décolorée: Olive pâle 5 Y-6/3.

Liserés: Rouge-jaune 4/8, largeur 10 à 20 mm.

Nous avons systématiquement étudié des échantillons du sol prélevés côte à côte dans chacune de ces zones diversement ferruginisées. Sauf en ce qui concerne le fer nous n'avons relevé aucune différence granulométrique, morphométrique ou de composition entre les divers échantillons. Dans les rubans horizontaux, il est fréquent de trouver des traces de manganèse sous les liserés. Nous n'avons décelé aucune fente dans les zones décolorées. Ce phénomène n'a absolument rien de commun avec les réseaux de fente des sols gonflées par le gel. Bien que nous n'ayons pas trouvé trace de carbone dans ces sols, l'argument n'ayant d'ailleurs rien de péremptoire, les causes du phénomène de décoloration sont peut-être d'ordre bio-chimique: végétations, racines, putréfaction de végétaux. Peut-être peut-on y voir des réactions chimiques produites par la congélation. De toute manière, la ségrégation en plans orthogonaux reste à expliquer.

D. Décoloration radiculaire

Une autre forme de décoloration a été rencontrée à la sablière Lanfant au sommet des sables ayant subi la pédogénèse ferruginisante Mindel—Riss. Là une couche superficielle de 0,50 m d'épaisseur montre en coupe des bandes verticales, contigues, décolorées avec les liserés d'accumulation marginaux tandis qu'en planimétrie ces zones revêtent la forme de cercles de 3 à 6 cm de diamètre avec leurs auréoles d'accumulation rougeâtres concentriques. Le phénomène s'est ici vraisemblablement développé autour de racines axiles. La disparition de celles-ci sans laisser de traces semble être un critère d'ancienneté. Cependant nous avons rencontré une de ces zones cylindriques de 5 cm de diamètre parfaitement centrée autour d'une radicelle vivante de 4 mm de diamètre. La décoloration est-elle actuelle en tout ou en partie ou plus simplement cette racine vivante a-t-elle emprunté une zone préférentielle, voie de pénétration dans le sous-sol plus facile ou terrain plus nutricier? Toutes les coupes de sédiments montrent de ces horizons privilégiés colonisés par la végétation, ce qui permet souvent de les suivre plus aisément. Si chaque racine décolorait les sols ferruginisés, il

est certain que ceux-ci auraient depuis longtemps disparu. La déferruginisation radiculaire qui est un fait, est un phénomène lié à des circonstances rarement réalisées: soit une espèce de plante rare soit un climat particulier.

Dans certains lehms plus ou moins marmorisés par hydromorphie de surface, nous avons rencontré des zones déferruginisées axées autour de grosses racines. Dans ce cas, la racine a joué le même rôle que les fentes des *bleached cracks* en permettant l'infiltration des éléments réducteurs qui ont provoqué la déferruginisation en dehors de toute activité biologique. Ce genre de décoloration n'existe que dans les terrains mal drainés naturellement.

INDUSTRIES HUMAINES

Divers dépôts soliflués nous ont livré une rare industrie humaine aux caractères archaïques. Il s'agit en général d'éclats atypiques, non retouchés et fortement défigurés au cours de remaniements successifs mis en évidence par la superposition d'esquilles, de grignotis patinés différemment. La connaissance de ces successions de stigmates et de patines, est un précieux élément de chronologie relative.

A défaut de pouvoir ranger ces industries dans des classes typologiques bien définies, nous avons tenté une étude morphométrique et morphoscopique des différentes pièces et comparé les résultats obtenus avec les éléments correspondants relatifs à des éclats naturels dus aux chocs répétés des pierres entre-elles lors des transports. Généralisée, une telle méthode statistique, pourrait peut-être apporter un critère mathématique supplémentaire de probabilité de travail intentionnel très utile dans le cas de matériel grossier et archaïque, ou encore permettre de déceler avec plus de précision la technique utilisée. L'étude des éclats naturels nous a montré la constance de leurs caractères. Par contre tous les expérimentateurs de la taille du silex savent que certains „tours de main” permettent de faire varier les résultats dans une notable mesure; par exemple, expérimentant la taille sur enclume (technique clactonienne) qui semble dominer dans les industries que nous avons recueillies, le seul choix de l'enclume nous a permis d'obtenir des effets très différents: en dehors des éclats typiques avec plans de frappe larges, inclinés et bulbes de percussion prohémiscents, nous avons réalisé sur enclume dure à arêtes vives (rail),

le débitage en tranches du nucléus sans bulbe de percussion, tandis que sur enclume de grès tendre nous avons obtenu des éclats minces à plans de frappe étroits et avec bulbes peu proéminents présentant en leur partie supérieure le „Déversé” caractéristique de la taille au percuteur de bois (Bordes, 1947a). On peut espérer définir un indice de mensuration qui fasse ressortir ces variations anthropiques systématiques.

Dans notre gisement, nous avons rencontré dans les dépôts risiens diverses industries à l'état de N° remaniement comme l'indique les superpositions de grignotis patinés et nous les retrouvons remaniées une fois de plus dans les cailloutis soliflués de la base de Wurm. Un hiatus semble exister entre cette industrie primitive et le néolithique que nous rencontrons en surface ou intercalé entre le loess W III et les colluvions holocènes. Toutefois nous devons signaler la présence dans les éboulis de pente surmontant les dépôt Riss, de très rares éclats lamelliformes minces et de bonne facture, mais leur trop petit nombre n'en a pas permis une étude systématique.

INDUSTRIE N° 1 — SÉRIE BRUNE-JAUNE

Cette industrie se rencontre dans les cailloutis soliflués de la base des dépôts Riss. Elle est constituée par des éclats grossiers, ne présentant aucune forme systématique et dont les arêtes sont fortement écrasées ($R = 4$ mm). Leur surface qui porte une patine brune-jaune 10 YR 5/8, profonde parfois squameuse, souvent mate voire grenue (dissolution chimique).

Toutes les pièces présentent les traces de 3 reprises successives: 1ère reprise avec écrasement des arêtes par chocs répétés, coups d'ongle, petites esquilles avant la patine brun jaune; 2ème reprise, après patine brune jaune, concassage violent ayant enlevé des éclats pouvant atteindre 5 cm^2 de surface. Les stigmates d'enlèvement sont patinées en blanc-laiteux;

3ème reprise, après patine blanche, nouveau concassage moins violent ayant provoqué de nombreux grignotis d'aspect assez frais patinés en gris bleuté.

Les plans de frappe, larges, inclinés (moyenne 109°) sans préparation et les bulbes de percussion volumineux avec cônes apparaissants, parfois doubles et points d'impact très marqués semblent indiquer un débitage par percussion directe sur enclume — (technique clactonienne) sans aucune retouche apparente (Fig. 21:1 et 2).

INDUSTRIE N° 2 — SÉRIE BLANCHE

Cette industrie coexiste à la base des dépôts Riss avec la précédente. Comme celle-ci, elle est composée d'éclats grossiers, atypiques aux arêtes émoussées ($R = 1,5$ mm) débités probablement sur enclume. Leur surface patinée superficiellement en blanc ou jaune pâle (5Y 7/3) est généralement lustrée, rarement mate (dissolution).

Les pièces ont été l'objet de 2 reprises successives:

1ère reprise avant toute patine: écrasement des arêtes, grignotis nombreux et importants, signes d'un concassage violent,

2ème reprise: grignotis frais, peu marqués, gris bleuté.

L'outillage est semblable au précédent toutefois, quelques pièces présentent des retouches très frustes par larges éclats contigus (10 à 15 mm) (Fig. 21:3, 4 et 5).

INDUSTRIE N° 3 — SÉRIE BRUNE OPAQUE

Dans les coulées de blocailles qui constituent les dépôts moyens de la glaciation Riss on trouve une industrie aux arêtes légèrement émoussées ou écrasées ($R = 0,5$ mm) qui diffère des précédentes par l'apparition systématique d'éclats lamelliformes. La patine assez profonde est de couleur brune assez variable (environ 7,5 YR-5/4) avec surfaces peu lustrées. Toutes les pièces présentent les traces de 2 remaniements:

1ère reprise: avant la patine brune, arêtes émoussées et petites esquilles,

2ème reprise: grignotis peu nombreux mais assez grands, d'aspect frais sans patine ou avec léger voile gris bleuté. Plans de frappe et bulbes de percussion donnent toujours l'impression de débitage sur enclume et on ne discerne pas de retouches intentionnelles. De l'étude de ce matériel, se dégage l'impression d'un mélange d'industries d'âges différents, avec cacholongs variables en coloris et en épaisseur mais de même technique donc difficiles à trier (Fig. 21:6, 7 et 8).

INDUSTRIE N° 4 — SÉRIE A BIFACES

Dans les rares affleurements des cailloutis soliflués du Riss supérieur existe une industrie très roulée ($R = 5$ mm) à patine profonde de couleur variant du brun au jaune avec surfaces peu

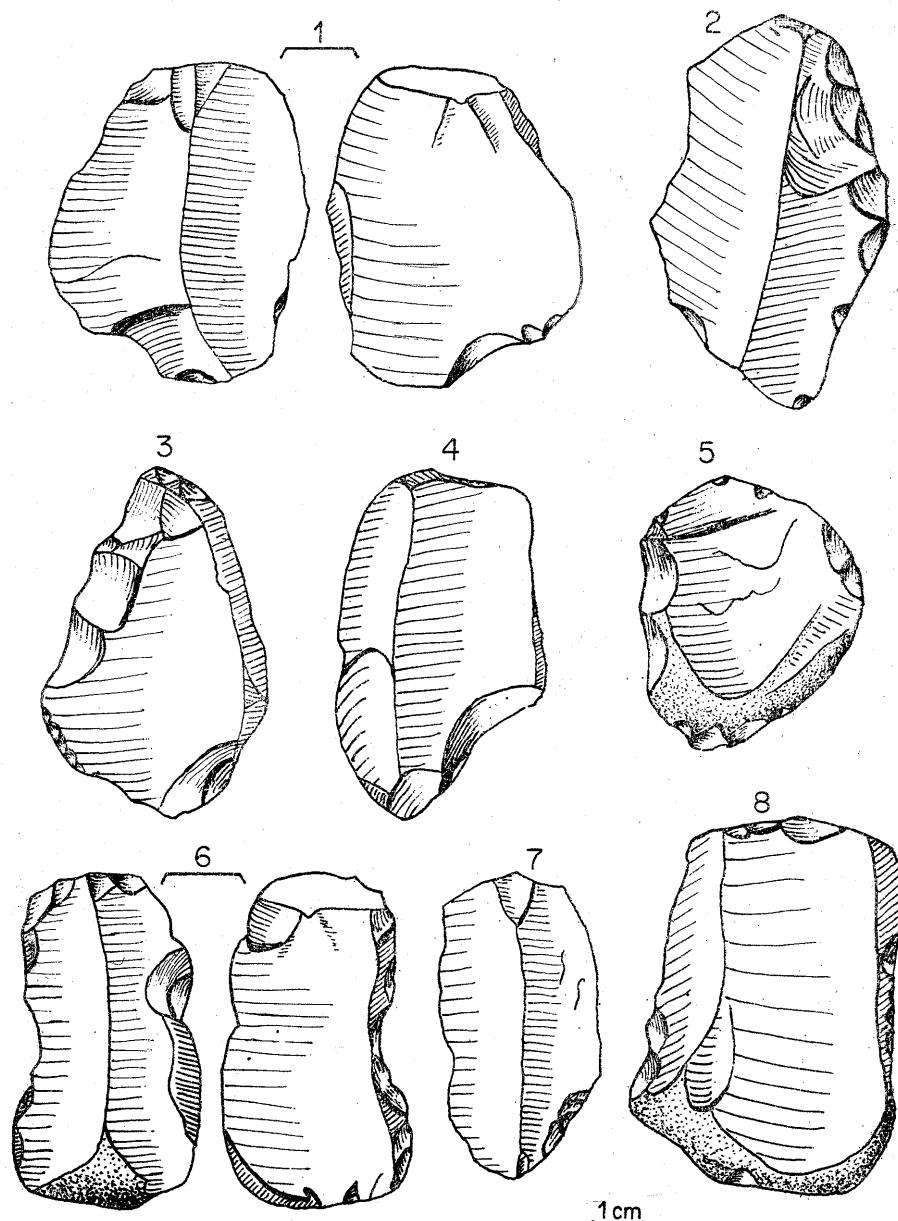


Fig. 21. Industrie humaine

1 et 2: série jaune N° 1 — Riss inférieur; x 3, 4 et 5 — série blanche N° 2 — Riss inférieur retouchés grossières; 6, 7 et 8: série brun opaque N° 3 — Riss moyen, éclats lamelliformes

lustrées, parfois grenues (dissolution) ou squameuses, ayant subi 2 remaniements successifs:

1^{ère} reprise: avant la patine brune, écrasement des arêtes;

2^{ème} reprise: grignotis nombreux assez forts (1 cm^2) occupant jusqu'à 30% du périmètre des pièces sur éclats (Fig. 22:4 à 8).

Les plans de frappe sont toujours larges et inclinés (108°) par contre, les bulbes de percussion sont moins marqués et semblent indiquer une taille au percuteur de pierre. On ne distingue aucune retouche intentionnelle. Nous avons trouvé les bifaces suivants: un biface ovale très roulé — $L = 110 \text{ mm}$ — taille au percuteur de pierre, éclats courts, arêtes sinuées (Fig. 22:1).

Deux cordiformes grossiers, taillés à la pierre, le 1r: $L = 57 \text{ mm}$, dissymétrique dans le sens de l'épaisseur; le 2d: $L = 51 \text{ mm}$ avec cortex résiduel (Fig. 22:2 et 3). Un petit biface atypique à section triangulaire, $L = 50 \text{ mm}$.

Le premier de ces bifaces présente le faciès typique de l'Acheuléen ancien, tandis que les autres peuvent être rangés dans la catégorie des bifaces „diffiformes taillés par éclats minces, souvent tortueux et à surface ventrale bulbaire ondulée” décrite par F. Bourdier et classées par lui dans le cycle très discuté, des industries pré-Abbeviliennes de D. Peyrony.

ECLATS NATURELS

Tous les cailloutis soliflués renferment des éclats dus au choc des pierres entre elles durant les transports. Ils sont de plus en plus nombreux au cours des reprises et il faut se garder de les confondre avec les éclats intentionnels, bien qu'ils en portent les critères: bulbes du percussion, et parfois plan de frappe, retouches accidentnelles évidemment. Leur étude, celle des superpositions de grignotis et de patines en particulier, apporte un élément supplémentaire de chronologie relative et donne une idée des brassages et reprises successifs dont ils ont fait l'objet. Quel que soit leur niveau stratigraphique, les caractères morphométriques de ces éclats sont extrêmement constants, ce qui prouve l'uniformité du processus de façonnement. Si nous les comparons aux éclats intentionnels, nous constatons par rapport à ces derniers, un étalement de la courbe d'indice d'aplatissement qui conserve sensiblement la même moyenne Fig. 12:A et une très nette augmentation du pourcentage d'éclats percutés directement sur cortex et de ceux avec cortex sur la face dorsale (Tableau III).

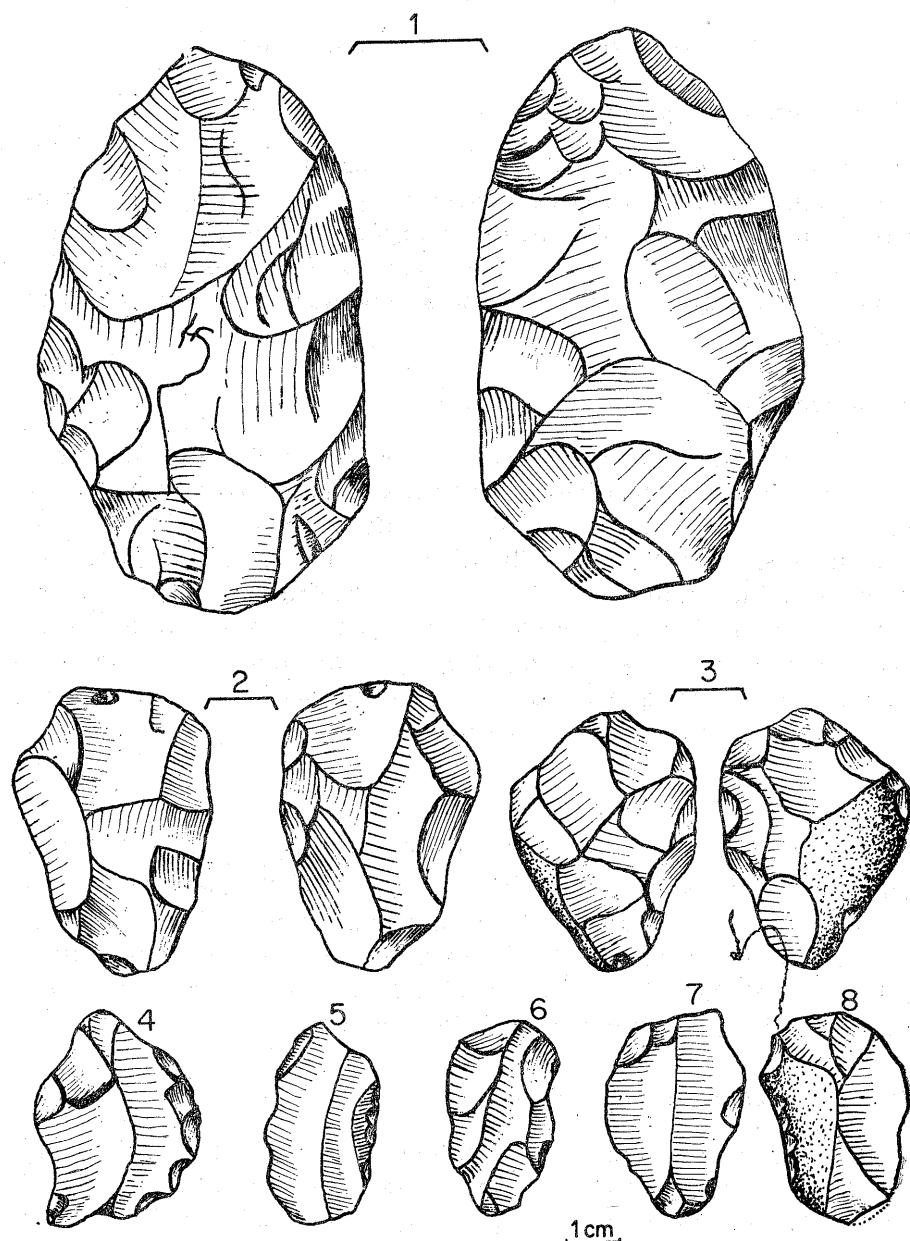


Fig. 22. Industrie humaine. Série à biface N° 4 — Riss supérieur
 1: biface Acheuléen ancien très roulé; 2 et 3: biface cordiformes grossiers; 4 à 8: éclats

VUES D'ENSEMBLE

VARIATIONS DU NIVEAU HYDROSTATIQUE

A. Formations d'âge incertain

Ces formations débutent à la base par un paléosol violet du type podzolique. Ce paléosol a subi en certains points une abrasion jusque l'altitude 60 m avant le dépôt des couches sus-jacentes à la suite d'un abaissement du lit des rivières. C'est le seul élément hydrographique que nous possédons sur cette période d'âge incertain.

B. Quaternaire ancien

Nous n'avons aucune indication sur les variations du niveau des eaux durant cette période. Le seul vestige du réseau hydrographique est constitué par le thalweg de la Sablière Municipale. Ses dimensions importantes indiquent, bien qu'il occupe actuellement le point culminant de la région, qu'il drainait primitivement les eaux d'un plateau plus élevé, probablement même celles de la crête crétacique toute proche. Ceci confirme une constatation déjà signalée, à savoir, que les dépôts quaternaires anciens actuels ne sont qu'un faible reliquat de ce qui fut.

C. Hiatus

Une lacune importante dans notre stratigraphie est décelable entre le Quaternaire ancien et l'interglaciaire Mindel—Riss. Nous ignorons ce que fut cette période mais nous allons voir qu'à la fin du Mindel, les rivières coulaient à un niveau voisin de celui actuel, soit vers l'altitude 20 m. La sablière Mannessier nous montre un thalweg Mindel comblé à la période suivante.

D. Interglaciaire Mindel—Riss

Nous trouvons en effet à l'altitude 20 m des dépôts de sable éolisé et ferruginisé mis en place lors d'une phase sèche de la fin du Mindel ou du début de l'interglaciaire suivant. Les traces de colluvions que le dépôt montre en son sommet, semblent indiquer la proximité du point bas et la ferruginisation pédologique intense dont il est l'objet a nécessité une stagnation très longue des eaux à ce niveau.

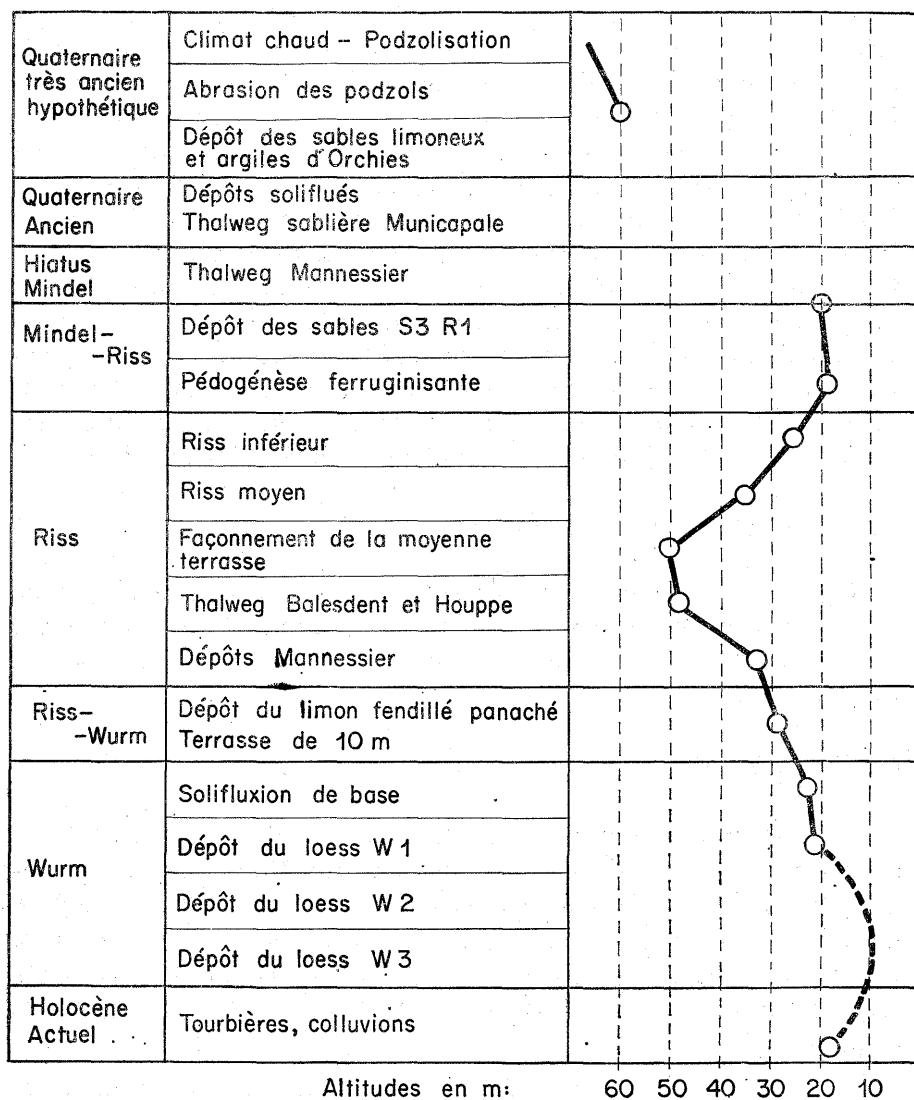


Fig. 23. Variations du niveau hydrostatique durant le Quaternaire

E. Glaciation Riss

Durant cette période, le niveau des rivières est remonté lentement. Chez Camblin, la solifluxion inférieure (altitude 33 m) se retrouve dans son sillon de coulée, ce qui implique que le plan d'épandage par conséquent le niveau des eaux était plus bas en-

core, tandis que la coulée suivante (35 m) y est sur son palier terminal. Cette ascension a porté le lit des rivières au-dessus de l'altitude 50 m où elles ont façonné le gradin supérieur des vallées dans lequel nous retrouvons par endroits la base de l'horizon ferruginisé Mindel—Riss (Sablière Cossard). C'est de cette époque que date le premier creusement des sillons Balesdent et Houppe, leur remplissage formé, surtout dans le second, d'éboulis stratifiés alternant avec des loupes colluvierées de débordement s'est effectué lorsque la rivière eut amorcé son mouvement de descente et le gradin de 50 m occupé seulement en temps de crues. L'abaissement de l'étiage a du être très rapide et vers la fin de la période, le niveau devait se situer aux environs de 32 m. A cette cote, en effet, nous trouvons les dernières solifluxion Riss alternant avec des dépôts colluvierés de lit majeur (Sablière Mannessier).

F. Interglaciale Riss—Wurm

Cette période a du être très courte et l'on n'enregistre pas de mouvement sensible. Le limon panaché fendillé ne semble pas être descendu plus bas que le palier Mannessier (30 m), sur la terrasse 10 m.

G. Glaciation Wurm

Durant la dernière période glaciaire, le niveau hydrostatique a continué de baisser pour remonter ensuite. Nous trouvons la solifluxion de base Wurm que l'on peut identifier au *trail* des Anglais, vers l'altitude 24 m, (Sablière Hochard) sur son aire d'épandage tandis que la base du bord externe de la terrasse de 5 m façonnée entre les dépôts des loess W I et W II nous est apparue vers l'altitude 23 m.

Nous n'avons pu, faute de coupe, déterminer la limite inférieure du dernier loess récent, les sondages HBNPC effectués dans les vallées ont rencontré des dépôts quaternaires reposant sur le Crétacé, soit 8 à 12 m plus bas que l'étiage actuel. Les rivières ont donc, après le dépôts du *trail*, atteint cette cote. Les courbes de niveau du sommet du Crétacé tracées d'après les relevés HBNPC montrent qu'elles ont légèrement dépassé en profondeur la base des dépôts tertiaires et enfoncé leur lit dans la craie sous-jacente avant de se relever vers le niveau actuel.

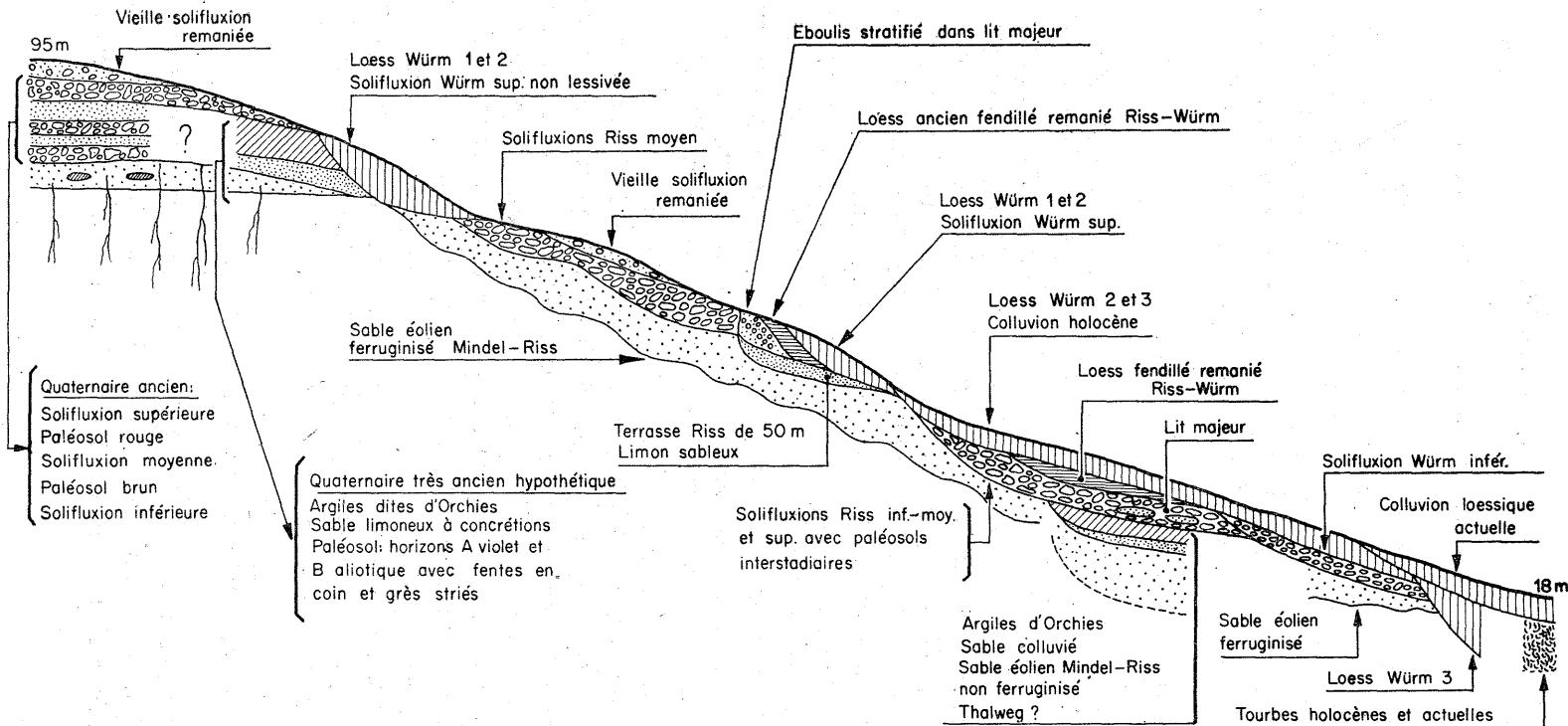


Fig. 24. Coupe synthétique du Quaternaire de l'Artois

ESSAI DE RECONSTITUTION CLIMATIQUE

A la lumière des faits que nous venons d'étudier, nous allons tenter de schématiser ce qu'en Artois furent les temps quaternaires. Cette reconstitution présentera obligatoirement de très nombreuses lacunes: les faits géologiques, n'ont pas laissé leurs empreintes universellement ni d'égale manière dans tous les terrains et leur périodicité cyclique fut souvent une cause destructive.

A. Situation au début du Quaternaire

Divers indices, la position, la composition des dépôts du Quaternaire ancien en particulier nous permettent d'envisager quelle était la morphologie de la région au début du Pléistocène. La présence au point culminant actuel de la région, de silex sénoniens sur substratum paléocène signifie qu'initialement le Crétacé c'est à dire la crête crétacique artésienne dominait les terrains cénozoïques et qu'il y a eu ensuite inversion du relief soit par abrasion (de 25 à 30 m) de la crête crétacique soit par rejet des accidents tectoniques (failles épocrétacées) de l'Artois, durant le Quaternaire. L'existence dans les coulées, d'éléments lithiques tertiaires différents de ceux du substratum: galets façonnés cuisiens, grains volumineux éolisés, argiles tertiaires... suppose la présence de dépôts cénozoïques absolument disparus aujourd'hui.

Le situation semble donc avoir été celle-ci:

Sur une crête crétacique culminant alors le Landénien, étaient répandus des rognons de silex de la craie sénonienne, laisse d'érosions antérieures, façonnés par les rivières. A côté d'eux s'y trouvaient aussi des dépôts tertiaires, tels que sable et galets de Cuise, argiles sparnaciennes *in situ*... Par contre ce qui forme aujourd'hui nos buttes témoins devait constituer une dépression, une cuvette dans laquelle se sont accumulés et grâce à cette situation particulière conservés en partie du moins, les dépôts du Quaternaire ancien. Déjà Gosselé et avait constaté cette particularité sur d'autres buttes témoin du Nord de la France.

B. Quaternaire très ancien hypothétique

Nous avons vu au début de cette étude que divers arguments plaidaient en faveur de l'attribution à un Quaternaire très lointain, des sables limoneux à concrétions et des dépôts locaux d'ar-

gile dite d'Orchies. Nous allons reprendre cette hypothèse en insistant toutefois sur le fait qu'il ne s'agit là que d'une hypothèse à vérifier. La succession des étapes géologiques aurait donc pu être celle-ci.

(1) Froid sec avec formation des fentes de froid antérieures au paléosol podzolique violet.

(2) Réchauffement — Apport dans la cuvette pliocène des sables colluvierés et des grès striés amenés soit par gravité, soit par flottage par radeaux de glace.

(3) Chaud humide longue période propice au développement de forêts à feuillus avec formation d'un premier podzol de climat chaud à enracinement profond et après dégradation naturelle ou accidentelle de la forêt climax d'un 2d podzol superficiel.

(4) Période humide accompagnée peut-être d'un relèvement des côtes provoquant le creusement des vallées jusque vers l'altitude 60 m. Abrasion des couches pédologiques podzoliques ci-dessus.

(5) Froid sec — Formation des fentes affectant les paléosols.

C. Quaternaire ancien

Il occupe les sommets au-dessus de 80 m d'altitude et nous permet de déceler les phases climatiques suivantes:

(1) Alternances de froid humide et de climat tempéré — Abrasion des paléosols sur argiles d'Orchies, coulées de blocaille alternant avec des couches plus ou moins colluvierées, base du Quaternaire, visibles à la Sablière Municipale.

(2) Chaud humide avec végétation forestière, formation du paléosol panaché rouge (Sablière Municipale) début possible de l'inversion de relief entre crétacé et paléocène.

(3) Oscillation de froid humide — Solifluxion supérieures des hauts niveaux à litage graduel cyclique et contenant des lambeaux de paléosol rouge; formation des poches en chaudron (Sablières Delotte et Roussel).

D. Hiatus

Aucun élément ne permet de classer les terrains énumérés jusqu'ici dans l'une ou l'autre des grandes oscillations climatiques quaternaires. Ceux qui vont suivre par contre sont mieux datées.

Mais entre ces deux ensembles se situe un long hiatus durant lequel, des périodes de climat chaud dont les différentes pédogénèses successives ont entre autres choses donné aux silex les patines superposées que nous avons étudiées ont alterné avec d'autres périodes froides au cours desquelles ces mêmes silex ont été débittés par cryoclastisme. C'est durant ce temps que fut acquise définitivement l'inversion de relief entre Crétacé et Landénien, soit par abrasion de la crête crétacique soit par rejet des accidents tectoniques épicerétacés de l'Artois, et réalisé un premier creusement des vallées au moins jusqu'à l'altitude 16/18 m avec écroulement des berges de la cuvette pliocène et érosion probablement très importante des dépôts du Quaternaire ancien. De celà, l'homme fut témoin ainsi que le révèle ses industries remaniées par les solifluxions Riss.

E. Interglaciaire Mindel—Riss

La glaciation Mindel en abaissant le niveau des rivières a donné au pays un relief très voisin de l'actuel. La période chaude qui lui fait suite est caractérisée par:

(1) **P é r i o d e s è c h e** — Eolisation des sables de couverture (Ostricourt), localisation de leurs dépôts (S3R1) sur les versants des vallées et dans les bas-fonds.

(2) **P é r i o d e h u m i d e** — Pédogénèse ferruginisante affectant en particulier tous ces sables S3R1 depuis les sommets (Delotte) jusqu'aux bas niveaux (Hochard).

F. Glaciation Riss

Après abrasions des horizons supérieurs pédologiques, nous trouvons:

(1) **F r o i d s e c** — 1^{ère} période prolongée de froid intense avec formation de fentes isolées ou en réseau à remplissage sableux peut-être éolien, fentes en échelle, réseaux maillés verticaux, suivie après un court réchauffement d'une 2^{ème} phase froide avec formation de fentes à remplissage limoneux schistoïde, de fentes profondes (Balesdent)... Réchauffement momentané avec coulée du limon brun de remplissage.

(2) **O s c i l l a t i o n d e f r o i d h u m i d e** — Coulée de blocaille de base (Camblin) avec interstratifications de sable plus ou moins colluvié.

(3) Période chaude — Développement du paléosol panaché rouge (Camblin, Denaes).

(4) Oscillations de froid sec et humide — Solifluxion à litage graduel cyclique contenant des bandes sableuses ou limoneuses. Deux séries de dépôts soliflués sont observables, séparées l'une de l'autre par un limon noir manganésifère, façonnement de la terrasse d'altitude 50 m; éboulis de pentes recouvrant les niveaux moyens (Denaes I-II — Balesdent) ainsi que le point culminant (Sablière Municipale) ce qui laisse supposer que le matériau provient d'un dépôt très ancien que nous ne retrouvons plus *in situ*.

G. Interglaciale Riss—Wurm

Nous n'observons qu'une seule manifestation de cette période: le remaniement du lehm d'altération du dernier loess rissien, sous forme de limon fendillé affecté par une pédogénèse forestière et descendant jusque la terrasse de 10 m.

H. Glaciation Wurm

(1) Froid humide — Solifluxion de blocailles à matrice sableuse s'étendant jusque l'altitude +25 m — Reprise avec façonnement cryoclastique des solifluxions du Quaternaire ancien — Ravineaux sur les versants exposés au Sud.

(2) Froid sec — Deux phases de dépôts éoliens séparés par un court réchauffement accompagné de légères solifluxions locales. Dépôt sableux à la base, loessique à points noirs au sommet.

(3) Tempéré — Lehmification de ce loess.

(4) Tempéré à froid humide — Ravinement profond du dépôt précédent faible solifluxion entièrement lessivée, base du suivant. Façonnement de la terrasse de 5 m.

(5) Oscillations de froid sec — Dépôt du loess W 2 avec horizon pédologique profond (*Brunizem*) indice d'un arrêt momentané du dépôt.

(6) Tempéré — Lehmification du loess W 2 — période longue et humide (migration du calcium et de l'alumine).

(7) Froid humide — Courtes périodes avec coulée de la solifluxion loessique non lessivée à base de lehm W 2 et des solifluxions localisées (Lanford).

(8) Froid sec — Dépôt du loess W 3.

I. Holocène

Cette période est caractérisée par un réchauffement progressif de la température avec quelques retours offensifs du froid qui ne semblent pas avoir affecté profondément nos terrains. Nous trouvons les phases suivantes:

- (1) Lehmification du loess W 3.
- (2) Comblement des vallées — tourbières, colluvions.

J. Actuel

Colluvion post-néolithique emprisonnant de l'industrie lithique de cette époque.

Tourbières Gallo-Romaines.

Colluvion des bas fonds (moyen âge et actuel).

Bibliographie

- A dolphe, J. P., 1964 — Le gel de la craie. Diplôme études supérieures Fac. Sc. Paris.
- Alimen, H., 1944 — Remarques sur l'action du froid sur les galets. *Bull. Soc. Préhist. France*, no. 41.
- Alimen, H., 1954 — Colorimétrie de sédiments quaternaires et paléoclimats. Premiers résultats. *Bull. Soc. Géol. France*, 6^e sér., t. 4.
- Bertouille, H., 1964a — Ferruginisation des sables. *Bull. Assoc. Fr. Etudes Quatern.*, no. 1.
- Bertouille, H., 1964b — Etude d'un réseau actuel de fentes de gel. *C. R. som. Séances Soc. Géol. Fr.*
- Bertouille, H., Cailleux, A., 1966 — Dépôts calcaires, fentes et ferruginisation quaternaires près de Paris. *Tijdschrift Koninkl. Nederl. Aardr. Genootschap*, Bd. 83.
- Bordes, F., 1947a — Etude comparative des différentes techniques de taille du silex et des roches dures. *Anthropologie*, t. 51.
- Bordes, F., 1947b — Le géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe. Le limons quaternaires du bassin de Paris et du Nord de France. Session extraordinaire Soc. Belges de Géologie, 1946.
- Bordes, F., 1950 — Principes d'une méthode d'étude des techniques de débitage et de la typologie du Paléolithique ancien et moyen. *Anthropologie*, t. 54.
- Bordes, F., 1953 — Recherches sur les limons quaternaires du bassin de la Seine. Thèse de Doctorat, Masson ed.
- Bordes, F., 1955 — Loess des Etats-Unis et loess du Bassin de Paris. *Anthropologie*, t. 59, no. 3—4.

- Bordes, F., 1957a — Radiocarbone et corrélations loessiques. *Anthropologie*, t. 61, no. 5—6.
- Bordes, F., 1957b — Loess de Tchécoslovaquie et loess de France du Nord. *Anthropologie*, t. 61, no. 3—4.
- Bordes, F., 1958a — Loess et chronologie du Paléolithique. *Anthropologie*, t. 62, no. 1—2.
- Bordes, F., 1958b — Loess du Nord-Ouest de la France et loess d'Allemagne du Sud. *Anthropologie*, t. 62, no. 3—4.
- Bourdier, F., 1959 — L'Epoque quaternaire dans la région parisienne. *Bull. Soc. Arch. et Historique de Chelles*.
- Bourdier, F., 1961 — Le Quaternaire des bassins du Rhône, de la Seine et de la Somme dans le cadre stratigraphique de l'Ouest de l'Europe.
- Breuil, H., 1934 — De l'importance de la solifluxion dans l'étude des terrains du Nord de la France et des pays voisins. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, t. 7.
- Breuil, H., 1952 — Le Paléolithique ancien en Europe et sa chronologie. *Bull. Soc. Préhist. France*, no. 12.
- Cailleux, A., 1937 — Actions éoliennes périglaciaires en France, C. R. Somm. Soc. Géol. France.
- Cailleux, A., 1947 — Caractères distinctifs des coulées de blocailles liées au gel intense. C. R. Somm. Soc. Géol. France.
- Cailleux, A., 1956 — Mares, mardelles et pingos. C. R. Acad. Sci., t. 242; Paris.
- Cailleux, A., 1961 — Mares, lacs ronds et loupes de glace du sol. *Bulletyn Peryglacjalny*, no. 10.
- Cailleux, A., 1965 — Quaternary secondary chemical deposition in France. *Geol. Soc. America, Special Papers*, 84.
- Dylik, J., 1966 — Traces fossiles de l'évolution descendante des polygones des fentes de gel. *Tijdschrift Konink. Nederl. Aardrijkskundig Genootschap*, deel 83.
- Edelman, C. H., 1933 — Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwartair. Dissertation, Amsterdam.
- Edelman, C. H., Doeglas, D. J., 1953 — Bijdrage tot de petrologie van het Nederlandsche Tertiair. *Verh. Geol. Mijnb. Gen. v. Ned. en Kol., Geol. serie*, 10.
- Farchad, x, 1936 — Etude du Thanétien du Bassin de Paris. *Mém. Soc. Géol. de France*, t. 13, fasc. 4, mém. 30.
- Gosselet, J., 1874 — L'étage éocène inférieur dans le Nord de la France et la Belgique. *Bull. Soc. Géol. France*, 3e sér., t. 2.
- Gosselet, J., 1890 — Relation entre les sables de l'Eocène inférieur dans le Nord de la France et dans le Bassin de Paris. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 1, no. 8.
- Gulinck, M., 1948 — Sur les phénomènes de glissement sous-aquatiques et quelques structures particulières des sables landéniens. *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 57.

- Gullentops, F., 1952 — Phénomènes subkarstiques près de Leefdael (Brambant). *Bull. Soc. Belge Géol.*, t. 61.
- Ladrière, J., 1890 — Etudes stratigraphique du terrain quaternaire du Nord de la France. *Annales Soc. Géol. du Nord*.
- Ladrière, J., 1900 — Limons du Nord de la France. *VIII Congrès Géol. Int.*, *Livret guide*.
- Macar, P., van Leckwijck, W., 1949 — Compte rendu de l'excursion du 20 Mars 1949 consacrée à l'étude de phénomènes périglaciaires dans la région de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 72.
- Macar, P., van Leckwijck, W., 1958 — Les fentes à remplissage de la région Liégeoise. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80.
- Tavernier, R., Heinzelin, J. de, 1957 — Chronologie du pléistocène supérieur plus particulièrement en Belgique. *Geologie en Mijnbouw*, N. S., 19.
- Van Leckwijck, W., Macar, P., 1949 — Phénomènes pseudotectoniques la plupart d'origine périglaciaire dans les dépôts pseudo-graveleux dits „Onx” et les terrasses fluviales de la région Liégeoise. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 73.
- Van Leckwijck, W., Macar, P., 1951 — Nouvelles observations sur des phénomènes périglaciaires dans la région de Liège. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 75.