

CHAPITRE 2

ÉTUDE DES REMPLISSAGES TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DES DOLINES DU PLATEAU CRAYEUX KARSTIFIÉ DU LONG- BUISSON À GUICHAINVILLE / LE VIEIL-ÉVREUX (EURE) : CHRONOSTRATIGRAPHIE DES NIVEAUX ANTHROPIQUES

Jean-Pierre LAUTRIDOU (†), Dominique CLIQUET, Jean-Luc SCHWENNINGER & Sylvie COUTARD

Le cadre géologique et géomorphologique

Le plateau de Long Buisson - le vieil Évreux, d'altitude 130 à 140 m NGF, se situe entre les vallées de l'Iton (40 à 60 m NGF) et de l'Eure (20 à 40 m NGF). Il fait partie des plateaux de Haute-Normandie, depuis le Pays de Caux jusqu'au Pays Chartrain, très plats et développés sur la craie du Crétacé recouverte par la formation de l'argile à silex épaisse de plusieurs mètres. Il se situe à la limite ouest de plusieurs formations tertiaires recouvrant le centre du Bassin parisien.

Les formations tertiaires pré-pliocènes (fig. 43-A)

Elles reposent en superposition régulière sur la craie avec un léger pendage vers Paris (excepté les Sables de Fontainebleau). De ce fait, elles sont reconnues surtout à l'est de l'Eure (Dewolf 1977; Pomerol *et al.* 1977).

De bas en haut on distingue :

- sables de l'Yprésien (Eocène inférieur) : sables avec un horizon argileux à la base, qui affleurent très peu ;
- calcaire grossier du Lutétien à bancs silicifiés (meulière) ;
- sables (base) et calcaires du Bartonien ;
- argile verte à meulière du Sannoisien (Stampien - Rupélien inférieur) ;
- Sables de Fontainebleau (Stampien moyen).

Les Sables de Fontainebleau, gris et fins, sont conservés dans des poches karstiques (dolines) autour d'Évreux.

Les Sables de Lozère d'âge pliocènes

Ce sont des sables fluviatiles d'épandage, quartzeux, formant un large fuseau sur les plateaux de l'Orléanais aux falaises d'Étretat. Grossiers et peu émoussés, ils se distinguent aisément des Sables de Fontainebleau. Ils sont surtout épais (plus de 10 m) à l'est de l'Eure. Ils reprennent parfois des meulières du calcaire grossier et de l'argile verte.

Les cailloutis de plateau pléistocènes

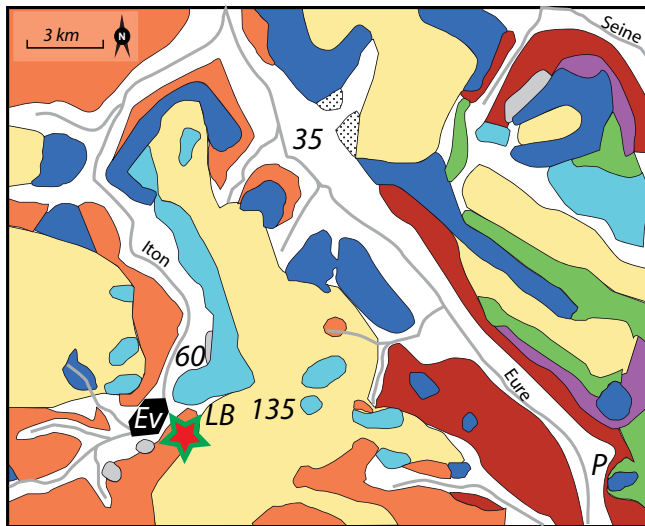
Ces cailloutis de graviers de silex émoussés correspondent à une mise en place de type glacis alluvial Pré-Eure / Pré-Iton sur les plateaux avant l'encaissement des vallées. Leur âge n'est pas connu. Ils se placent après le glacis alluvial des Sables de Lozère venant du Massif central (Pré-Loire / Pré-Seine) au Pliocène inférieur et avant la première étape de formation des vallées datée dans la vallée de l'Eure et dans la vallée de la Seine (très haute nappe) de 1 Ma, soit vraisemblablement dans la première partie du Pléistocène inférieur vers 1,5 Ma. Signalons que dans la carte géologique simplifiée de la figure 38-A, les terrasses alluviales pléistocènes des rivières et les limons fluviatiles actuels / sub-actuels n'ont pas été représentés.

Les argiles à silex, le karst (fig. 44)

Visibles dans les coupes du bassin de rétention en eau (voir suite), elles sont constituées d'argile rouge, de silex (après dissolution de la craie), plus ou moins cassés, de sables hérités des Sables de Fontainebleau et des Sables de Lozère, de meulières des formations tertiaires. En dehors des entonnoirs de dissolution au dessus du toit de la craie, leur épaisseur est d'environ 1 à 2 mètres. Leur âge reste discuté, vraisemblablement fin Tertiaire, début Quaternaire. Les entonnoirs sont liés à des processus karstiques d'altération de la craie. Larges de 5 mètres au sommet, leur profondeur n'est pas connue. Les poches (dolines) de taille variable signalées sur la carte morphologique Évreux à 1/50 000° (Dewolf 1977), à remplissage de sables tertiaires et de lèss, sont liées au jeu et rejeu du karst de surface (voir suite). Ce karst se prolonge dans le massif crayeux qui est entièrement affecté par un réseau de couloirs de dissolution avec des rivières souterraines comme l'Iton au niveau d'Évreux (Rodet 1992).

Le lèss

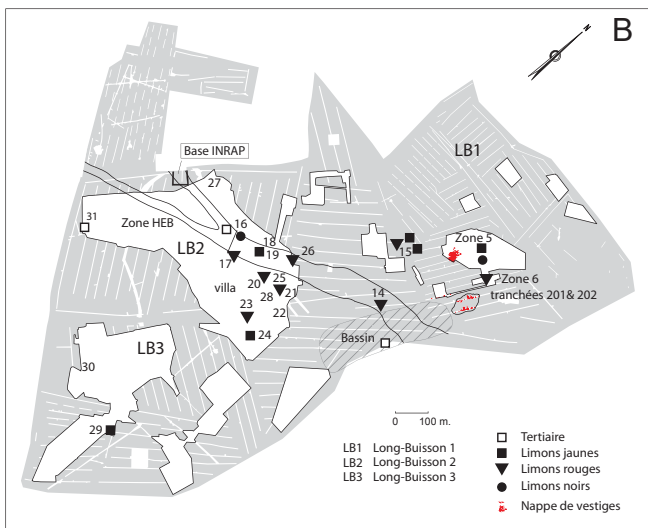
La couverture lèssique très épaisse au nord (Pays de Caux, Vexin normand) est ici pelliculaire : les zones de plus de 1 mètre sur les



Ev : Evreux P : Pacy
 LB : Long-Buisson * : Localisation du site

- Craie du Crétacé et nappes alluviales quaternaire des vallées
- ▨ Yprésien (sable)
- Lutétien (calcaire)
- Bartonien (sables calcaires)
- Sannoisien (argiles)
- Stampien (Sable de Fontainebleau)
- Pliocène (Sables de Lozère)
- Pléistocène inférieur (cailloutis alluviaux, pré-Iton, pré-Eure)
- Argile à silex
- Weichselien (loëss)

A



B

Figure 43 - A : Carte géomorphologique et géologique du site ; B : Carte de localisation des coupes sur les sites du Long-Buisson 1, 2 et 3 (DAO Bertrand Fauq, MCC).
 Figure 43 - A : Geomorphological and geological map of the site ; B : Plan locating sections on Le Long-Buisson sites 1, 2 and 3 (CAD Bertrand Fauq, MCC).

plateaux ont été représentées, mais une fine couche décimétrique recouvre une bonne partie de l'argile à silex comme au Long Buisson. Son âge est Weichselien (Pléniglaciaire supérieur).

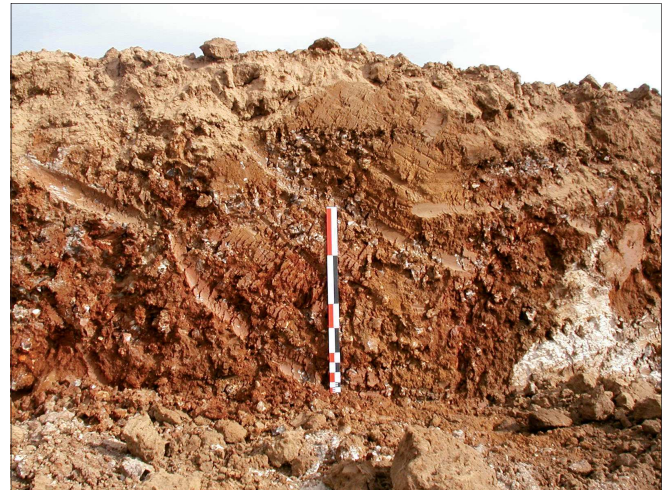


Figure 44 - Bassin de rétention (coupe 14) : surface de l'argile à silex (cliché Dominique Cliquet, MCC).

Figure 44 - Surface water retention basin (section 14): clay with flint surface (photo Dominique Cliquet, MCC).

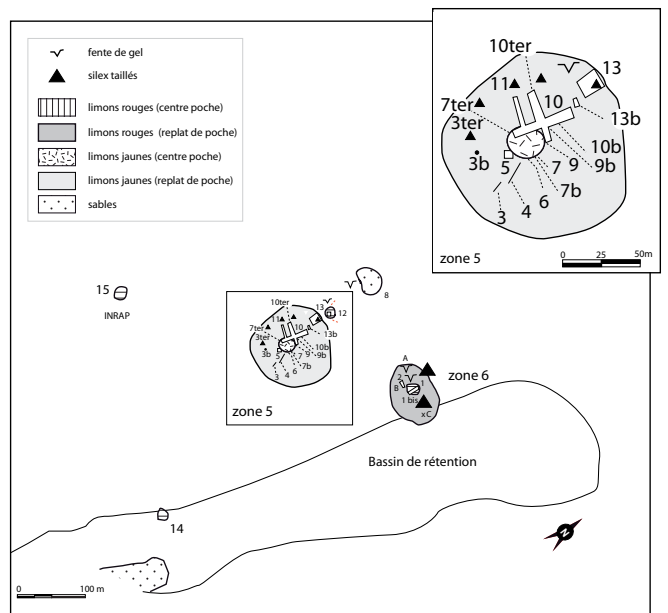


Figure 45 - Localisation des tranchées étudiées (DAO Bertrand Fauq, MCC).
 Figure 45 - Location of trenches studied (CAD Bertrand Fauq, MCC).

Le Long-Buisson I

Zone 6 - Coupes 1, 1bis et 2 (fig. 45)

Coupe 1 (fig. 46 et 47)

0 - 0 - 60 cm : horizon Ap humifère et sommet de l'horizon B du sol de surface sur loëss, décapé lors des premiers travaux.

1 - 60 - 95 cm : horizon Bt du sol brun lessivé de surface, limon argileux, brun marron, à structure polyédrique et à revêtement argileux

2 - 95 - 125 cm : horizon de transition B/C du sol, présence de petits cailloux de silex gélivés (0,5 à 2 cm)

3 - 125 - 140 cm : cailloutis de petits silex gélivés (0.5 à 2 cm), à matrice limoneuse brun-jaune, à concrétions ferro-manganiques (points noirs) ; structure granulaire à microfeuilletée (gel)

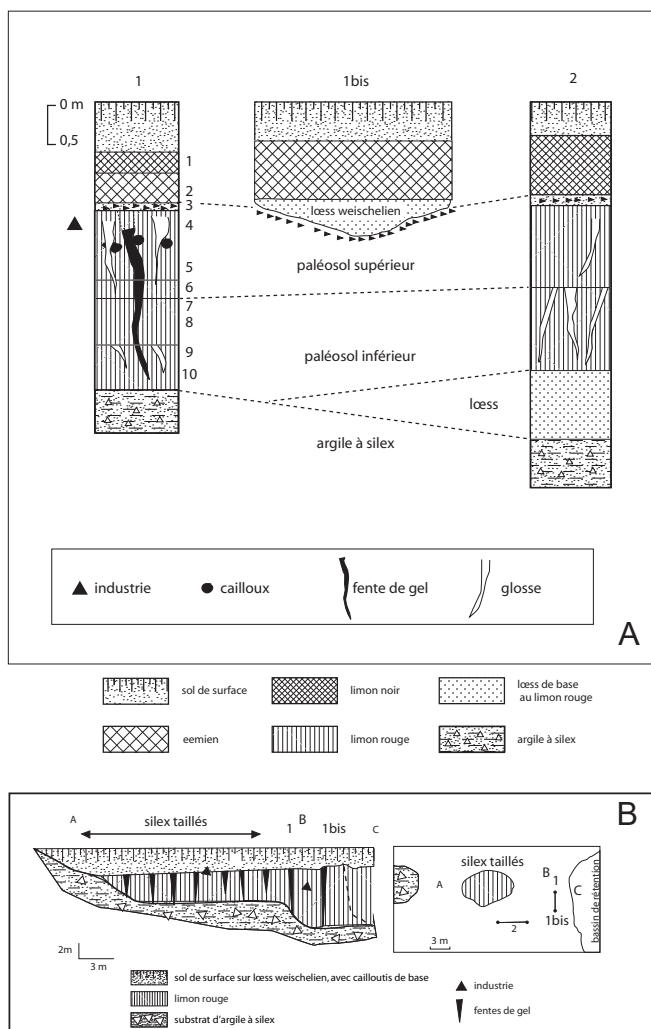


Figure 46 - A : Long-Buisson I, Zone 6, sections 1, 1bis et 2: recent loess deteriorated by surface soil covering 'red limon' (upper paleosol, lower paleosol); **B:** Transect ABC running through the depression of the complex of 'red loams' (CAD Bertrand Fauq, MCC).

Figure 46 - A: Long-Buisson I, Zone 6, sections 1, 1bis et 2: recent loess deteriorated by surface soil covering 'red limon' (upper paleosol, lower paleosol); B: Transect ABC running through the depression of the complex of 'red loams' (CAD Bertrand Fauq, MCC).

4-5 – 140 - 220 cm : paléosol limono-argileux à teinte dominante grise (glosses nombreuses) et à taches orange, à structure polyédrique et à revêtements argileux ; nombreux points noirs. Dans les zones moins grises : matrice orange rougeâtre. Paléosol argileux, lessivé et dégradé par hydromorphie : pseudo gley. Le niveau 4 est moins net que le 5 car probablement dégradé ultérieurement. Une grande fente de gel d'1,5 m de long et de 5 à 8 cm de large au sommet traverse les niveaux 5 à 10, et se perd dans 4.

Quelques silex taillés étaient incorporés dans ce paléosol (cf. infra).

6 – 220 - 245 cm : base du paléosol : coloration plus claire, teneur en argile plus faible, structure feuilletée (2 - 3 mm), revêtements argileux fins brunâtres.

7-8 - 245 - 310 cm : nouveau paléosol lessivé argileux, plus rougeâtre (5 à 7,5 YR 5/8), et moins affecté par l'hydromorphie que le paléosol supérieur. Revêtements argileux bruns à brun-rouges. 8 est plus argileux que 7. La structure feuilletée y est aussi plus nette, ainsi que la présence de points noirs (Mn).

9-10 – 310 - 370 cm : limon argileux brun-rouge, sans point noir, à glosses obliques : structure feuilletée floue.



Figure 47 - Long-Buisson I, Zone 6, coupe 1 : complexe des "limons rouges" (cliché Dominique Cliquet, MCC).

Figure 47 - Long-Buisson I, Zone 6, section 1: 'red loams' complex (photo Dominique Cliquet, MCC).

11 – 370 - 400 cm : argile rouge foncé à gros silex géolifracés gris sombre : argile à silex

En 9-10 les glosses sont obliques témoignant d'un léger fluage probable. Il est possible qu'il y ait un complexe de sols 7-8 et 9-10.

Dans le niveau 5 vers 2 m, divers artefacts ont été observés. Outre 3 gros blocs de silex anguleux (15 cm) à cortex noir, à cassures fraîches (gris foncé), et plusieurs cailloux quartzeux (6 à 30 cm), sub-arrondis à cortex rougeâtre, vraisemblablement dérivant de meulière tertiaires, ce niveau a livré quelques silex taillés, parfois disposés obliquement.

Conclusion

Sous le lœss weichselien pédogénisé et le cailloutis repère weichselien anté-lœss, deux grands paléosols lessivés et plus ou moins gléyifiés ont été observés. Une fente de gel traverse ces sols ; on va retrouver d'autres fentes dans la zone 6 entre les points A et B (fig. 46) et dans la zone 5, associées à un réseau polygonal (cf. infra).

Coupe 2

0 – 0 - 50 cm : limon de surface décapé

1 – 50 - 130 cm : horizon Bt du sol de surface passant à B/C (transition avec le lœss) à la base

2 - 130 cm : quelques petits silex (cailloutis de base)

3 – 130 - 240 cm : limon argileux brun-rougeâtre avec réseau de glosses grises. Paléosol supérieur lessivé à tendances hydromorphes

4 – 240 - 360 cm : limon argileux à glosses grises nombreuses, légèrement orangé et brun en raison de l'abondance de films ferromanganiques : paléosol inférieur hydromorphe (pseudo-gley)

5 – 360 - 450 cm : lœss gris beige à films horizontaux noirs ferromanganiques (prélèvement 11)

6 - 450 cm : argile à silex

Granulométrie

Trente échantillons ont été traités au laser (M2C, Caen) et cinq de ces échantillons comparés avec les résultats fournis par le laboratoire INRA d'Arras. Le laser ne donne pas de sable, très peu de limon grossier et moins d'argile que la méthode de la pipette.

Une étude récente (Konert & Vandenberghe 1997) montre que les différences entre les deux méthodes, laser et pipette, sont surtout centrées sur la fraction argileuse. L'argile se présente surtout sous

forme de plaquettes de 0,1 à 8 micromètres (examen au MEB). Il faut donc comparer la fraction argile (moins de 2 micromètres) évaluée par la pipette à celle de 8 micromètres donnée par le laser, et aussi par les tamisages (Konert & Vandenberghe 1997).

Les courbes granulométriques (fig. 48) obtenues par la méthode de la pipette, avec en ordonnée le chiffre cumulé des fractions, montre l'origine éolienne des sédiments : bon classement, courbe cumulative en sigmoïde, médiane autour de 20 micromètres, fraction 2 – 50 micromètres dominante, fraction sable (essentiellement 50 – 200 micromètres) limitée (Lautridou 1985). La teneur en argile de l'horizon Bt du sol de surface est de 20 à 23 %, celle du Bt eemien s.s. à 30,6 % et celle des paléosols rouges (zone 6) de 30 à 40 % (comme celle des paléosols Iville V et VI; Lautridou 1985).

Le lœss récent weichselien est plus fin que les autres lœss, avec une fraction limon fin prédominante et très peu de sables.

Conclusion

Les coupes 1 et 2 sont localisées dans une poche remplie d'un complexe de deux sols lessivés ("limons rouges") très argileux plus ou moins dégradés par l'hydromorphie : celle-ci prédomine dans le paléosol supérieur en coupe 1, dans le paléosol inférieur, en coupe 2. Ces paléosols ressemblent à Iville V et VI (Lautridou 1985). Rouges (2, 5YR 4/8) à Mesnil Esnard et à Vieux Manoir (NE de Rouen) ils sont souvent fortement dégradés par hydromorphie (Iville). En général, le matériau mère, le lœss, a été "digéré" par la pédogenèse sauf à Mesnil-Esnard et ici (coupe 2) : limon grisâtre à films horizontaux noirs. Dans la coupe 2 on distingue bien les deux générations de glosses correspondant à chaque paléosol. Les limons rouges continuent dans le bassin d'orage C (profil ABC) (fig. 46). Ces paléosols rouges de type lessivé, très argileux sont attribuables à la première partie du Pléistocène moyen (Lautridou 1985).

Coupe 1bis (Proche de la coupe 1)

Sur ce profil, on observe une inflexion du cailloutis de base du lœss weichselien qui jalonne une légère dépression au centre de la poche remplie de lœss récent.

0 – 0 - 120 cm : sol de surface sur lœss avec : 0 – 50 cm horizon Ap, 50 - 120 cm horizon Bt

1 – 120 - 170 cm : lœss brunâtre à taches grises allongées floues

2 - 170-175 : cailloutis de petits silex gélivés avec limon

3 - 175-200 : limon argileux brun à revêtement argileux. Présence de cailloux quartzeux grisâtres de 6 à 20 cm comme en coupe 1. Cet horizon conserve de rares silex taillés.

C'est donc une petite dépression large de 2 à 3 m remplie de lœss weichselien (léger rejeu de la poche). À la base, on retrouve le sommet du paléosol supérieur des coupes 1 et 2.

Conclusion pour la zone 6

Le profil ABC (fig. 41) montre que le substrat d'argile à silex remonte très vite près de la coupe 1, puis constitue un replat avant de remonter en A où il y a encore près d'un mètre de lœss récent et au delà pour devenir sub-affleurant. Le complexe paléosol supérieur-inférieur appelé "limons rouges" pour la commodité (LR) se

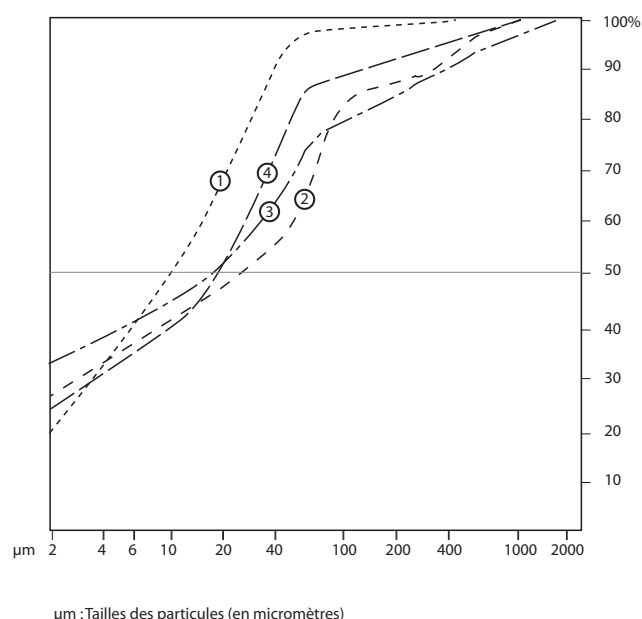


Figure 48 - Courbes granulométriques des lœss : (1) lœss récent, (2) "limon jaune", coupe 5, (3) "limon rouge", coupe 1 et (4) lœss sous les "limons rouges", coupe 2 (DAO Bertrand Fauq, MCC).

Figure 48 - Granulometric curves of loess: (1) recent loess, (2) 'yellow loam', section 5; (3) 'red loam', section 1 and (4) loess under 'red loams', section 2 (CAD Bertrand Fauq, MCC).

poursuit au delà de B (coupe 1) jusqu'à C (bassin de rétention). Les fentes de gel larges de 10 cm à remplissage de limon brun clair et espacées de 2 m sont observables de A à B (coupe 1).

À l'exception des silex taillés intégrés au paléosol supérieur (coupe 1), l'industrie est en bordure de la dépression principale au niveau du cailloutis de base weichselien (fig. 36 : A-B-C).

Zone 5 - Coupes 3, 3bis, 4, 5, 6, 7, 7bis et 8 **Deuxième doline - Zone 5 (fig. 45)**

Coupe 3 (fig. 49)

- 0 - 0 - 70 cm : décapage du sol de surface
- 1 - 70 - 105 cm : limon brun-marron clair à structures polyédriques floues
- 105 cm : lit de cailloutis de silex (0,5 - 2 cm)
- 2 - 105 - 135 cm : limon marron (7,5 à 10 YR 5/8) argileux à structure granulaire à polyédrique (2 - 4 mm), revêtements peu nets (horizon Bt)
- 135 cm : cailloutis diffus
- 3 - 135 - 165 cm : idem que le limon marron 2 avec une bande un peu plus brune à la base, peu marquée
- 4 - 165 - 230 cm : limon jaunâtre (10 YR 5/8 à 6/8), à tâches gris-jaunes diffuses, à structure granulaire floue. Présence de pseudo-mycélium au sommet
- 5 - 230 - 245 cm : idem que le limon jaunâtre 4, un peu plus argileux, présence de points noirs
- 6 - 245 - 285 cm : idem que le limon jaunâtre 4, plus jaune-brunâtre. Pseudo-mycélium
- 7 - 285 - 335 cm : limon brun à points noirs
- 8 - 335 - 360 cm : limon sableux brunâtre

Cette coupe montre à sa base, côté droit, la bordure en pente de la doline constituée d'argile à silex, et de fines fentes, espacées de 20 cm, longues de 1,5 m, larges de 2-3 mm, à remplissage limoneux brun débouchant en coupe 3, liées à l'activité de lombrics (sol. 2-3).

L'analyse aux Rx met en évidence une association typique des lœss normands : smectite dominante, illite et kaolinite. On notera l'absence de chlorite minéral, marqueur des lœss récents, ce qui confirme l'âge saalien des "limons jaunes".

Conclusion

Le profil illustre le lœss et le sol de surface (1), le cailloutis weichselien à 105 cm, la racine du sol eemien (2-3) et le "lœss jaune" saalien (4-8).

Coupe 4 (fig. 38 et 46)

- 0 - 0 - 70 cm : décapage
- 1 - 70 - 120 cm : limon brun-marron. Base du sol de surface
- 2 - 120 - 140 cm : cailloutis à matrice brun-marron
- 3 - 140 - 230 cm : limon argileux marron à structure granulaire, quelques revêtements argileux
- 4 - 230 - 350 cm : limon jaunâtre, rares petits silex
- 5 - 350 - 370 cm : cailloutis, matrice limoneuse jaunâtre
- 6 - 370 - 420 cm : limon plus brun : transition avec 7
- 7 - 420 - 470 cm : limon brun sableux à tâches diffuses jaunâtres

La coupe 4 est identique à la coupe 3. On y retrouve le paléosol eemien 3 retouché en 2, les "limons jaunes" saaliens plus bruns à la base (4 à 7) et la présence des mêmes fines fentes liées à l'activité biologique sans doute du sol 3.

Coupe 5 (fig. 45)

Identique à la coupe 4 : Cailloutis de base weichselien à 110 cm, Bt de paléosol eemien (110 à 200 cm), "limon jaune" (200 à 440 cm).

Coupe 6 (fig. 45)

On observe dans ce profil la base des "limons jaunes". Sous ces limons, on retrouve le limon brun à fissures tapissées de films noirs de la coupe 3 (7) (100 cm), puis les limons sableux de la coupe 3 (8) en plus sableux.

Coupe 7 (grande coupe de la tranchée principale de la Zone 5) (fig. 49, 50 et 37)

- 0 - 0 - 210 cm : peu visible
- 1 - 210 - 410 cm : limon jaune, quelques fentes fines
- 2 - 410 - 430 cm : limon lité brun ; lits (0,5 cm) bruns et bruns-jaunes flous, en pente (vers 0N0)
- 3 - 430 - 510 cm : limon gris brun
- 4 - 510 cm : lit avec quelques cailloutis en pente forte
- 5 - 510 - 585 cm : limon brun à tâches grises diffuses, sableux, quelques points noirs, ébauche de lits bruns en pente faible
- 6 - 585 - 660 cm : limon brun lité à points noirs : litage grossier (1 à 2 cm) brun et brun-jaune horizontal
- 7 - 660 - 695 cm : bande brune nette à lits brun-jaunes (2 cm) irréguliers. Plusieurs décrochements de 5 cm affectent cette couche ainsi que les horizons sous jacents et sus-jacents.
- 8 - 695 - 740 cm : limon argileux à tâches grises entourées d'un halo orange et noirâtre (hydromorphie) bande noire ferro-manganique à 740
- 9 - 740 - 770 cm : limon brun
- 10 - 770 cm : argile à silex

Conclusion

Ces coupes et la grande tranchée permettent l'observation du fond de la doline avec, sous les couches visibles en coupes 3-6, des limons lités et hydromorphes : de haut en bas "limons jaunes" (1-2) et limon gris brun (3), lit avec cailloutis en pente forte (4, C. 7), limon brun sableux à litage oblique (5) (7-8 de C. 3, 6-7 de C. 4), limons lités horizontaux bruns (6), limons à tendance hydromorphe (7-8-9). De petits décrochements de 5 cm, espacés de 50 cm, affectent 5 à 8 (rejeu de doline). Le fond (7-8) limono-argileux hydromorphe caractérise la base de la doline. Lors du prolongement de la tranchée la couleur devient très grise.

Coupe 7bis (fig. 45)

Ce profil correspond à la paroi de la tranchée latéralement à la coupe 7. L'examen des couches 2 à 5, indiquent quelles sont identiques à celles de la coupe 7.

Coupe 3bis (fig. 45 et 38)

La coupe 3bis correspond à un cube de sédiments conservé au sein de la zone décapée pour la fouille du niveau archéologique (à la base).

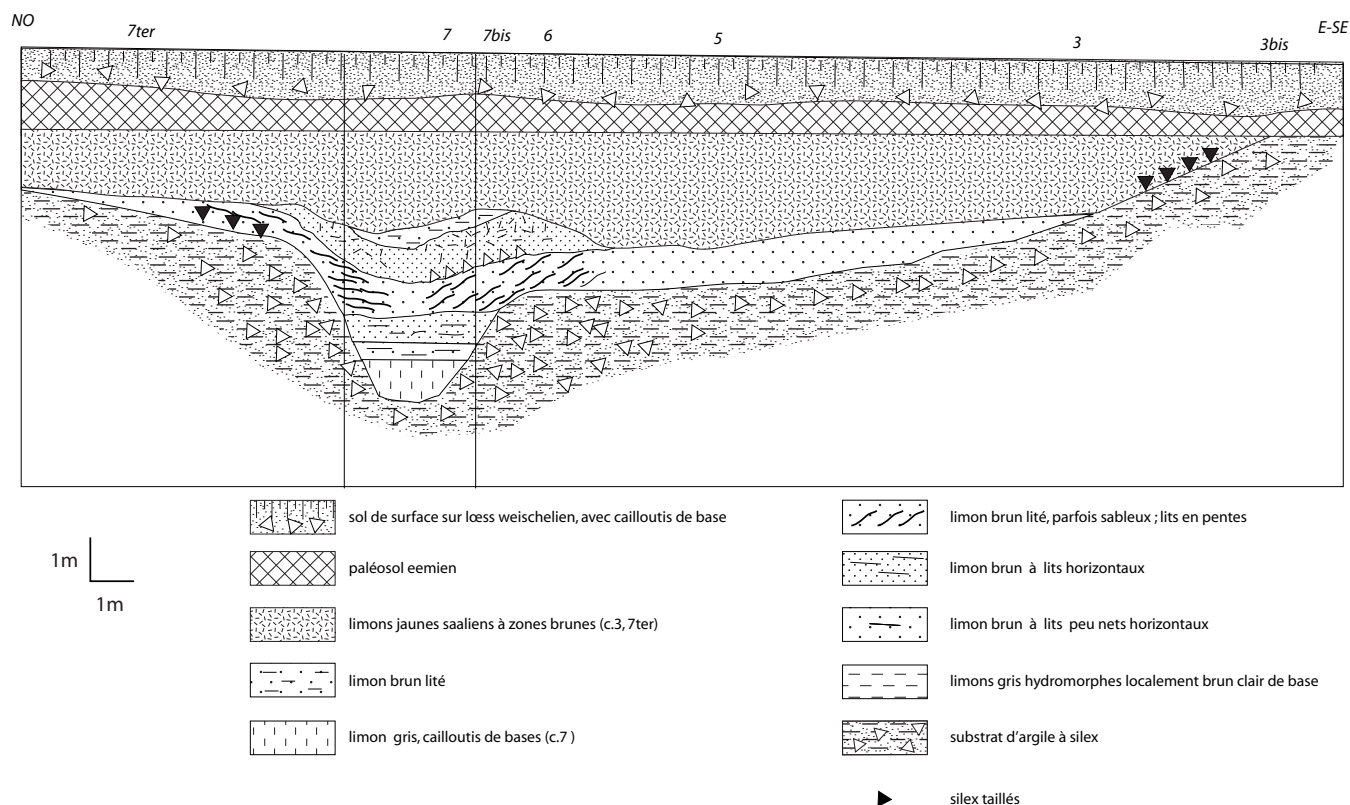


Figure 49 - Profil nord-ouest / sud-est du remplissage de la poche de la zone 5 à "limons jaunes", partie sud (DAO Bertrand Fauq, MCC).
Figure 49 - Transect north-west / south-east crossing the filling in the pocket of Zone 5 with 'yellow loams', southern (CAD Bertrand Fauq, MCC).

- 0 – 0 - 80 cm : sol de surface sur lœss avec horizon Bt de 40 à 80
- 1 – 80 - 95 cm : cailloutis à silex (0,5 – 2 cm) à matrice limoneuse brune (base du Bt)
- 2 – 95 - 140 cm: limon argileux, brun-marron à revêtement argileux : paléo Bt
- 3 – 140 - 190 cm : limon brun gris
- 190 cm : argile à silex

On a donc le lœss weichselien pédogénéisé, un cailloutis de base développé, le paléosol eemien sur lœss saalien. L'industrie lithique se trouve associée à ce dernier lœss.

Géométrie de la Zone 5 et remplissage de la doline

La doline, profonde de 7 m au centre (coupe. 7), est remplie par du lœss saalien. Ce lœss comporte les "limons jaunes" et un limon brun sableux au-dessous. Au centre, des couches inférieures apparaissent : limons lités, limons gris hydromorphes.

Au sommet le paléosol eemien couronne ce complexe limoneux des "limons jaunes" d'âge saalien. L'industrie se situe en bordure sur les argiles à silex sub-affleurantes vers l'ouest (sous 50 cm de lœss récent), parfois recouvertes par quelques centimètres de "limon jaune" comme entre 10 et 11 (voir suite).

Coupe 8 : poche de sable tertiaire (fig. 40 et 47)

Cette poche se trouve à l'extérieur de la doline et comporte le remplissage suivant, sous un décapage d'environ 50 cm :

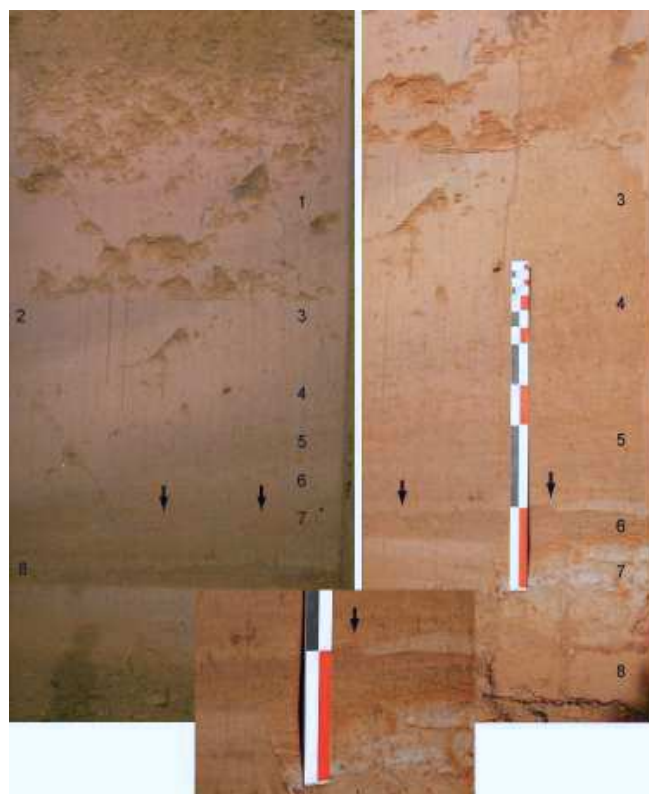


Figure 50 - Long-Buisson I, Zone 5, coupe 7 : complexe des "limons jaunes" (cliché Dominique Cliquet, MCC).
Figure 50 - Long-Buisson I, Zone 5, section 1: 'yellow loams' complex (photo Dominique Cliquet, MCC).

BT dit eemien

En lame mince, le sédiment du paléosol eemien apparaît mal classé (distribution porphyrique) avec un fond de silt (20 µm) quartzeux lœssique (quartz, paillettes de muscovite, quelques grains de glauconie) auquel s'ajoute une fraction sableuse (≈ 200 µm) relativement importante. Cette fraction sableuse est constituée de grains de quartz généralement émoussés et corrodés (issus probablement des sables tertiaires), accompagnés de quelques grains de silice anguleux altérés et de quelques éléments gréseux. On note également la présence de nombreux petits nodules ferrugineux en position secondaire, bien roulés, généralement en cours de dissolution. L'ensemble est enrobé dans une matrice brun-grise très poussiéreuse contenant de nombreux petits éléments carbonneux et/ou organiques. Des fragments de revêtements lités apparaissent de manière éparse dans certains secteurs de la lame (papules). Par contre, les revêtements en place dans les chenaux sont discrets, minces (épaisseur de l'ordre de 0,1 mm), bruns en LPNA, orangés en LPA, et toujours constitués de deux épisodes: le premier argileux, bien cristallisé, et le second poussiéreux, impliquant la présence d'un sol dénudé.

Une partie de la lame présente une structure en agrégats arrondis avec des vides inter-agrégats polyconcaves et des vides de type vésicules dépourvus de revêtements. Il s'agit probablement d'une zone remaniée (remplissage de terrier ?).

Bien que le lessivage apparaisse relativement limité avec des revêtements peu épais, les argiles d'illuviation sont bien présentes. Il s'agit donc bien de l'horizon d'accumulation d'un sol brun lessivé. Par contre, vu que l'échantillon se trouvait relativement proche de la surface, il est probable que la deuxième phase de revêtements, poussiéreuse, soit liée aux pratiques agricoles, plus qu'à la dégradation climatique du début Weichselien.

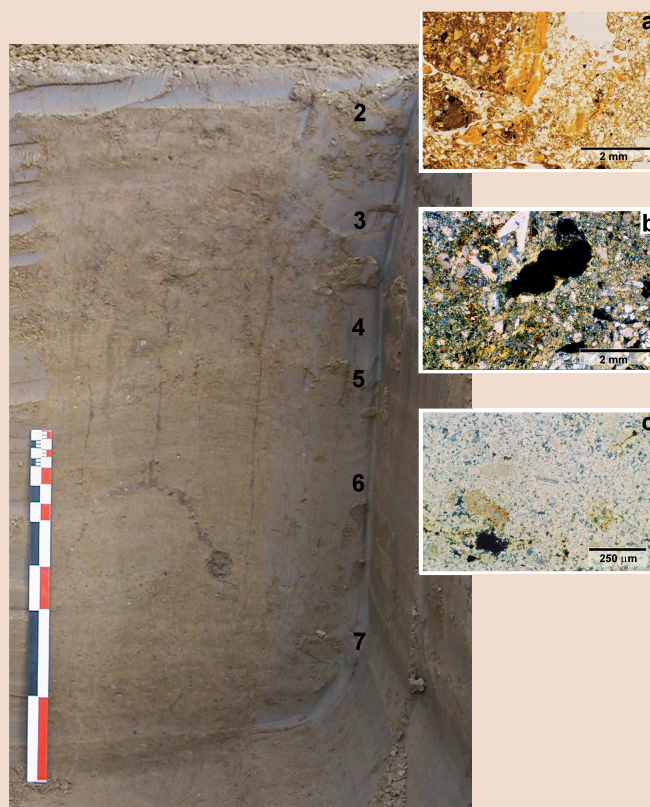


Figure 51 - Long-Buisson I, Zone 6, coupe 4 : "limons jaunes" et paléosol eemien (3) (cliché Dominique Cliquet, MCC) ; observations en lame mince du paléosol eemien : (a) nodules ferrugineux (LPNA Obj. x 1,6), (b) zone en agrégats (LPNA, obj. x 1,6) et (c) pore avec deux générations de revêtements (LPNA, obj. x 10) (clichés Sylvie Coutard, INRAP).

Figure 51 - Long-Buisson I, Zone 6, section 4: 'yellow loams' and eemian paleosol (photo Dominique Cliquet, MCC) ; thin-section examination of the eemian paleosol (photos Sylvie Coutard, INRAP).

- 0 - 0- 45 cm : limon argileux marron : Bt du sol de surface sur lœss weichselien
- 1 - 45 - 120 cm : limon argileux brun de couleur peu différente de la couche 1 (un peu plus clair). Épaisseur très variable : 0 à 75 cm
- 2 - 120 - 225 cm : paléosol rouge intense (10 R 5/8) : sables argileux rubéfiés
- 3 - 225 - 230 cm : transition : sables rouges et sables gris
- 4 - 230 - 270 cm : sable limoneux fin gris-brun.

Le toit du sol rouge est très dégradé et pénétré de fentes irrégulières jusqu'à 225 cm ; le sommet de ce sol (les épontes) monte jusqu'à 45 cm (de profondeur). Une grande fente, large de 5 cm au sommet (fig. 50) est probablement de la famille des fentes de gel de la zone 6 (c-1, 2). À la base, dans les sables gris-bruns, on distingue un réseau de fentes fines à remplissage rougeâtre venant du paléosol.

Conclusion

Le paléosol rubéfié est très ancien, sans doute tertiaire, développé sur sables tertiaires. Il a subi de nombreuses phases de dégradation ; sous le Bt le limon brun qui remplit les dépressions peut être d'âge weichselien affecté par la pédogenèse du sol de surface, ou plus ancien (Saalien). Le rôle du gel est marqué par une fente sans doute contemporaine des fentes de la zone 6 et de la zone 5 (cf. infra).

Zone 5 - Coupes 7 ter, 9, 10, 10 bis, 10 ter et 11 (fig. 45 et 53)

Coupe 7 ter (fig. 49 et 53)

Cette paroi se trouve proche de l'entrée de la tranchée (c. 7)

- 0 - 60 cm : décapage du sol
- 1 - 60 - 120 cm: horizon Bt du sol de surface. À 120 : lit de cailloutis de silice
- 2 - 120 - 220 cm: limon marron (7,5 à 10 YR/8) argileux à minces revêtements argileux. Lentille de cailloutis à 160 cm. Pédogenèse moins marquée de 160 à 220 cm.
- 220 cm : cailloutis diffus
- 3 - 220 - 305 cm : limon brun-jaune tirant sur le gris. Quelques points noirs.
- 4 - 305 - 315 cm : horizon peu net de couleur brun-marron
- 5 - 315 - 375 cm : limon brun-jaune à points noirs avec une bande (10 cm) plus marron à 340
- 6 - 375 cm : argile à silice

Conclusion

Sous le lœss weichselien pédogenésisé (1) et le cailloutis de base, on retrouve le paléosol eemien (Bt) (2), et les " lœss jaunes " saaliens (3-5).

Sables rouges

En lame mince apparaît une fraction grossière sableuse composée de quartz anguleux à émoussés, globalement bien classés (150-300 µm), parfois revêtus d'argiles fines. Ces quartz sont souvent corrodés sur leur bordure (caries), des argiles pouvant également pénétrer dans des fissures.

Le fond est constitué de revêtements argileux très épais (jusqu'à 1 cm) orangés, finement lités (avec parfois des silts très fins), mais souvent brisés, de grandes plages argileuses plus jaunes et limpides, ou dans certains secteurs d'un fond ferrugineux orange vif à rouge en lumière réfléchié probablement composé de goéthite et d'hématite. Des fragments de revêtements lités peuvent être repris au sein d'une plage argileuse plus grande.

Cette lame témoigne de pédogenèses très poussées, peut-être latéritiques, permettant la corrosion des quartz (ambiance acide). Il s'agit par ailleurs d'un horizon argilique déstructuré où les traits argileux sont englobés dans la masse basale.

La forte teneur en argiles et la présence des ferruginisations confortent l'hypothèse d'un âge tertiaire pour cette formation.

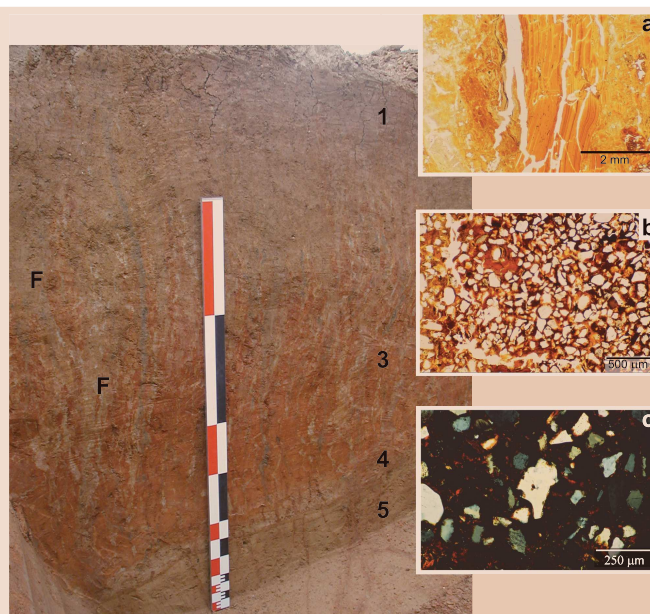


Figure 52 - Long-Buisson I, coupe 8 : sol rubéfié sur sables tertiaires (F : fentes) (cliché Dominique Cliquet, MCC) ; observations en lame mince : (a) des "sables rouges" (LPNA, obj. x 1,6), (b) ferruginisations des sables rouges (LPNA, obj. x 4) et (c) quartz corrodé (LPNA, obj. x 10) (clichés Sylvie Coutard, INRAP).

Figure 52 - Long-Buisson 1, section 8: 'reddened soil on Tertiary sands (F: ice crack?)' (photo Dominique Cliquet, MCC) ; thin-section examination : (a) "red sands" (LPNA, obj. x 1,6), (b) ferruginized red sands (LPNA, obj. x 4) and (c) corroded quartz (LPNA, obj. x 10) (photos Sylvie Coutard, INRAP).

Coupe 10 : " limons noirs " (fig. 45 et 54)

Le prolongement de la grande tranchée (C. 7) et le creusement de deux tranchées (9 et 10) perpendiculaires permettent de compléter la connaissance du remplissage de la zone 5.

- 0 - 0 - 110 cm : lœss weichselien - sol de surface
- 1 - 110 cm : cailloutis diffus de petits silex
- 2 - 110 - 160 cm : limon brun clair à taches grises diffuses
- 3 - 160 - 260 cm : limon brun foncé à nombreuses taches gris clair de limon
- 4 - 260 - 320 cm : limon brun noir plus argileux
- 5 - 320 cm : sommet de l'argile à silex imprégné de limon noir

Les 1,10 mètres de limon humifère conservés sous le lœss récent ne contiennent pas de pollen.

Coupe 10 bis, 10 ter : profil à travers la dépression de limons noirs (fig. 53)

La tranchée 10 bis à 10 ter perpendiculaire à la grande tranchée venant de 7, 7 bis (croisement à 10 bis), montre que les "limons noirs" remplissent une petite dépression centrée en C.10, s'effilant rapidement à droite au croisement (10 bis), et plus lentement à gauche sur un replat irrégulier d'argile à silex comme dans le site 1, de bordure de doline. L'argile à silex plus à gauche est proche de la surface avec des silex taillés à son sommet.

Dans le profil 10 bis, l'argile à silex plonge rapidement vers le cœur de la doline remplie de "limon jaune". On peut observer ces "limons jaunes" sous les "limons noirs" (fig. 53). Le profil montre un léger affaissement du toit de l'argile à silex (60 cm) en 10.

Une tranchée parallèle à la tranchée 10, plus proche de 7, a été effectuée (coupes 7, 9, 9 bis)

Coupe 9 (fig. 48)

- 0 - 0-50 cm : décapage
- 1 - 50-100 cm : base du sol (Bt) de 50 à 70, horizon B/C (limon brun-jaune) à cailloutis dispersé (cailloutis de base)
- 2 - 100 - 140 cm : limon brun-gris à points noirs
- 3 - 140 - 160 cm : limon brunâtre à marbrures gris-jaunes
- 4 - 160 - 200 cm : limon brun noir, argileux
- 5 - 200 - 220 cm : limon brun jaune à gauche, s'effilochant à droite
- 6 - 220 cm : argile à silex

On retrouve en moins épais (1,1 m) les "limons noirs" de la coupe 10, de 100 à 200 cm, avec la même stratigraphie, sur un lambeau de "limon jaune" ou sur l'argile à silex.

Coupe 9 bis (fig. 53)

Dans le prolongement de la coupe 9, près de la grande tranchée, le limon noir est plus épais (1,8 m) avec une coloration plus grise.

À 1,1 m de profondeur, des silex taillés ont été trouvés sur une surface de 3-4 m². Un silex taillé est signalé en C9 au contact "limon noir" - "limon jaune". Comme en 10, les argiles à silex redeviennent sub-affleurantes à 20 m de la coupe 9 vers l'ouest, avec des silex taillés.

Tranchée 9 à 11 bis (fig. 53)

Le but était de relier les "limons noirs" (coupe 9) et la coupe en 7 ter, à limons jaunes et sol eemien. Cela n'a pas été possible. Une

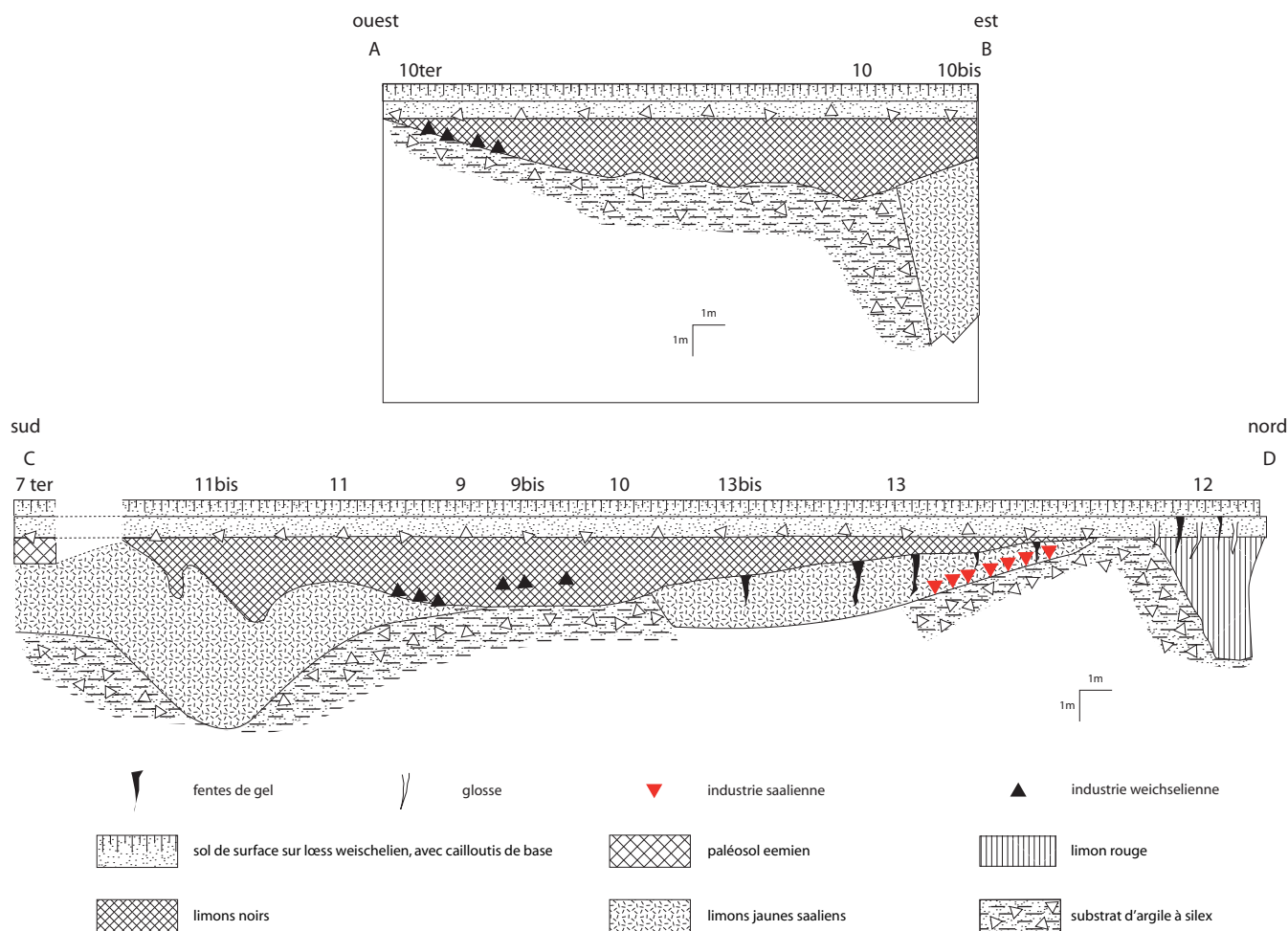


Figure 53 - Long-Buisson I, Zone 5 : "limons jaunes" et "limons noirs", transect AB, ouest-est et CD, nord-sud (DAO Bertrand Fauq, MCC).

Figure 53 - Long-Buisson I, Zone 5: 'yellow loams' and 'black loams', transect AB, west-east and CD, north-south (CAD Bertrand Fauq, MCC).

petite tranchée parallèle à la grande tranchée a été creusée entre 9 et 11, la coupe 11 étant à 3 m de la coupe 7 ter. Sur le "limon jaune" s'est déposé le "limon noir" de couleur brun à marbrures jaunes prolongeant celui de la coupe 9 et remplissant une petite poche (coupe 11).

Une nouvelle poche plus petite à "limon noir" apparaît en 11 bis. En surface elle dessine un cercle large de 80 cm. Une autre poche identique a été repérée horizontalement entre 7 ter et 7. En coupe 11 bis, le limon encaissant est le "limon jaune".

Sous 1 mètre de limon weichselien pédogénéisé avec le cailloutis de base, le "remplissage" du "limon jaune" comprend de haut en bas :

- 0 - 0 - 50 cm : limon brun jaune à structure granulaire floue et quelques revêtements argileux marron,
- 1 - 50 - 100 cm : limon plus jaune sans structure. On ne retrouve donc pas la pédogenèse eemienne de la coupe 7 ter toute proche. Le contact du limon noir avec le limon jaune est flou à la différence des coupes 9 et 10 bis.

Il semble qu'un petit marécage ait rempli une zone affaissée qui va de la coupe 11 bis au sud à la coupe 13 au Nord (voir suite) et dont le centre est en coupe 10 (2,5 mètres de profondeur). En bordure, il a aussi occupé de petites poches (soutirage karstique limitée) comme C. 11bis.

Le marécage a vraisemblablement commencé à se former avant la fin de l'Eemien et a freiné ou totalement paralysé au centre de la poche la pédogenèse eemienne. Au Weichselien, un cailloutis tronqué de 50 cm le limon du marécage et l'horizon A humifère du sol brun lessivé eemien formé latéralement en bordure (7 ter) sur les limons jaunes émergés.

Un âge fini-Eemien – début Weichselien ancien est probable ; le marécage étant alors contemporain du sol gris forestier formé sur loess en milieu drainé comme à Saint-Pierre-lès-Elbeuf, par exemple (Lautridou 1985; Cliquet *et al.* 2009). Cet horizon brun foncé constitue un marqueur du Weichselien ancien.

Zone 5 - Coupes 12 et 13 (fig. 45 et 53)

Les coupes se situent au nord des coupes 7 à 10 sur le rebord nord de la grande dépression à "limons jaunes".

Coupe 12 (fig. 45 et 53)

Dans un environnement d'argile à silex sub-affleurante, présence d'une poche de "limons rouges" :

- 0 - 0 - 100 cm : loess récent et sol de surface (y compris le décapage)
- 1 - 100 - 280 cm : limon argileux gris (marbrures) et orangé
- 2 - 280 - 500 cm : limon argileux rougeâtre
- 3 - 500 cm : argile à silex



Figure 54 - Long-Buisson I, Zone 5, coupe 10 : "Limon noir" du début du Weichselien (cliché Jean-Pierre Lautridou, CNRS).

Figure 54 - Long-Buisson I, Zone 5, section 10: 'Black loams' of the early Weichselian (photo Jean-Pierre Lautridou, CNRS).

La poche est identique à celle reconnue en zone 6, avec un paléosol hydromorphe de type pseudo gley et un paléosol inférieur rougeâtre "limons rouges". On note la présence, comme en C. 1, de fentes longues de 2 m à remplissage limoneux brunâtre.

Coupe de la paroi 13 (fig. 40, 50 et 48)

Cette paroi d'un mètre de hauteur (sous le décapage de 50 cm) bordant une zone dégagée à silex taillés et à sols polygonaux (fig. 55) est séparée de la poche 12 par de l'argile à silex sub-affleurante. Sous le décapage de lœss récent (60 cm environ), on distingue le "limon noir" puis au-dessous le "limon jaune".

Le "limon noir", épais d'1 m à droite du profil (au sud), s'amincit jusqu'à la poche 12. Plus au sud en 13 bis, vers le centre de la dépression à limons jaunes, il continue à s'épaissir (1,4 m).

L'industrie lithique se situe au sein du " limon jaune " (à 20 cm au dessus de sa base) jusqu'au bombement d'argile à silex.

Un réseau de sols polygonaux est bien visible (fig. 50). Les fentes espacées de 2 m sont remplies de limon brunâtre (" limon noir "). Les polygones ont une forme allongée : léger fluage possible.



Figure 55 - Long-Buisson I, Zone 5, coupe 13 : Réseau polygonal et fentes de gel (cliché Jean-Pierre Lautridou, CNRS).

Figure 55 - Long-Buisson I, Zone 5, section 13: 'Polygons and frost cracks' (photo Jean-Pierre Lautridou, CNRS).

Coupe 14 : le bassin de rétention (fig. 43, 44 et 45)

Le bassin est profond de 3 à 4 m et large de 50 mètres. Les affleurements sont médiocres, mais permettent de distinguer plusieurs formations sous un mètre de limon récent.

L'argile à silex est la formation la plus répandue (fig. 6). Elle recouvre la craie qui affleure parfois au fond du bassin et pénètre comme partout en Normandie dans des entonnoirs de dissolution de la craie. Les éperons (épontes) de craie sont visibles, espacés d'environ 5 m.

Les silex sont de toute taille, souvent branchus, à cortex gris-jaune ou brun excepté les faces cassées fraîches montrant la couleur gris-noir de la roche. Le toit de la craie (surface reconstituée du sommet des épontes) est à environ 2 m de profondeur, parfois moins.

Les poches sont nombreuses et de toute taille. Elles comportent de l'argile rouge sans doute tertiaire, du limon gris-beige à films argileux recouvert par un sol marron (5 m de large), et une grande poche de sable moyen à grossier, gris ou rouge de plusieurs dizaines de mètres de large. Ce sable dérive sans doute des Sables de Lozère, les sables stampiens étant plus fins. Le limon beige ressemble au lœss de base des "limons rouges" (coupe 2 et coupe 15 ; cf. infra).

On a donc, au-dessus des épontes de craie, 2 mètres d'argile à silex, qui remplit aussi les entonnoirs de dissolution, et qui comporte comme dans les autres sites des poches de sables et de lœss comme plus au sud au lieu-dit "les Bas-Fayaux".

Coupe 15 : les tranchées de la première base INRAP (fig. 43 et 40)

Le limon récent est pratiquement inexistant. Les tranchées montrent l'argile à silex sur 2,5 m de profondeur, mais dans une

tranchée il y a une poche de "limons rouges" sur un lœss gris-beige analogue à celui trouvé en coupe 2 et dans le bassin de décantation.

L'épaisseur du "limon rouge" est d'environ 1 m. Le lœss comporte des films horizontaux noirs et des fines passées d'argile brune. Vers la base on observe localement un lit de petits graviers.

À cinq mètres de distance, une poche de limon jaune a été repérée, large de 10 mètres, profonde d'au moins 4 mètres.

Le Long-Buisson I : essai d'interprétation

Le Long-Buisson I : style morphologique

Le plateau est recouvert d'environ 1-2 mètres d'argile à silex (Tertiaire) au dessus des épontes de craie comme aux "Bas-Fayaux". Cette argile dérive de l'altération de la craie (insolubles, silex), mais aussi des sédiments tertiaires (sables, argiles). Les épontes de la craie correspondent aux bordures des entonnoirs de dissolution larges de 5 mètres au sommet et probablement profonds de plusieurs dizaines de mètres. L'enfoncement de ces entonnoirs est lié au soutirage karstique suite à l'abaissement progressif de la nappe phréatique dû à l'encaissement des vallées au Quaternaire en relation avec la montée des plateaux estimée à 100-150 m pour 2 millions d'années. On notera que l'épaisseur de l'argile à silex est faible par rapport au Pays de Caux (plus de 5m) et surtout aux plateaux du sud d'Évreux à Chartres (plus de 20 m) à fort apport sableux venant du Stampien (Sables de Fontainebleau).

Une mince couverture lœssique weichselienne altérée (sol de surface) nappe l'argile à silex. Fréquemment absente ou limitée à une dizaine de centimètres, elle atteint en général dans les zones étudiées 50 à 120 cm d'épaisseur. Elle repose sur un cailloutis plus ou moins marqué de petits silex géoliffractés (5 à 2 cm) qui constitue le classique cailloutis de base d'un cycle lœssique. Ce cailloutis qui jalonne des phases d'érosion cumule quatre périodes érosives depuis le début du Weichselien jusqu'à 35 000 – 40 000 BP (début de dépôt des lœss). Le lœss est, comme aux "Bas Fayaux", le lœss récent qui s'est déposé jusqu'à la fin du Tardiglaciaire (industrie à Federmesser; Cliquet *et al.* 1997). Le cailloutis est un excellent repère dans les coupes. Son caractère peu affirmé s'explique par la pente extrêmement faible du plateau : seuls les petits cailloux ont pu être entraînés dans une matrice limoneuse par géoliffluxion en contexte périglaciaire. Il est aussi possible qu'ils aient été déplacés par le vent, à l'état verglacé sur sol gelé ou neige durcie comme à Mesnil-Esnard, à l'est de Rouen. Étant donné que ce cailloutis cumule plusieurs phases érosives, dont la plus importante est la deuxième (Pléniglaciaire inférieur), il est difficile de dater précisément l'industrie qui l'accompagne (Antoine *et al.* 1998; Cliquet & Lautridou 2005).

Le Long-Buisson I : âge et contenu des poches importantes, datations numériques OSL et position des industries

Les poches (dolines) ont joué par soutirage karstique en plusieurs périodes. Le remplissage est sableux (sables d'origine tertiaire) (bassin de décantation, coupe 14), ou bien lœssique : "limons jaunes" saaliens (coupe 7), "limons rouges" anté-saaliens (coupes 12, 15). La profondeur est de 4-5 mètres pour les "limons rouges", plus

de 6 mètres pour les "limons jaunes" (coupe 7). Après cette première tranche de l'étude on constate que les remplissages les plus fréquents sont les "limons rouges" (anté-saaliens) et les sables tertiaires (remaniés au Pléistocène inférieur ?) dont la profondeur des poches n'est pas connue (plus de 4 m dans la zone 14 du bassin d'orage).

Le diamètre des poches est de 50 à 60 mètres. Dans les zones 6 et 5 on observe un replat ou glacis bordier à 2-3 m de profondeur, large de 15-20 m puis une plongée rapide jusqu'à 5-7 m de profondeur. Ce creux central est large de 10 mètres environ (zone 6) ou plus en zone 5. Actuellement on manque de données pour expliquer la forme complexe des dépressions qui ne peut être due qu'à des affaissements de la craie et de l'argile à silex.

Dans le bassin de décantation (coupe 14) on a remarqué que la largeur des entonnoirs entre les épontes crayeux était de 5 m. Il faut supposer qu'il y a une coalescence de plusieurs entonnoirs, facilitée par l'état fragile, non cohérent de la craie des épontes.

Une première étape serait un affaissement circulaire étendu, de 25 m de rayon, de 2 à 3 mètres de profondeur, suivi d'un nouvel affaissement plus localisé de quelques mètres (10 m) de large, de deux à quatre mètres de profondeur au centre de l'affaissement initial.

Datations numériques (tab. 4 & 5) (cf. annexe 2)

Des datations radiométriques ont été tentées sur deux profils ouverts à proximité des zones 5 et 6. Deux échantillons ont été prélevés dans une tranche située à 4 mètres de la coupe 4, soit en zone 5 : un dans le lœss weichselien non altéré par le sol de surface, juste au dessus du cailloutis de base, à 0,96 m de profondeur, et le deuxième sous le paléosol attribué à l'Eemien au sein des "limons jaunes", à 2,45 mètres de la surface.

La méthode OSL (optically stimulated luminescence) consiste à mesurer leur paléodose en Gray (Gy) puis de rapporter cette dernière à la dose de rayonnement annuel (dose rate) en mGy/a.

La mesure de Gy est effectuée à partir d'une nouvelle méthode (Murray & Wintle 2000) dite de l'aliquote unique, consistant à trier un nombre limité de grains de quartz, à les fixer sur de petits disques d'aluminium et à mesurer en laboratoire la luminescence émise par excitation optique. La dose annuelle (dose rate) additionne le rayonnement gamma mesuré in situ avec un spectromètre gamma, et les autres rayonnements liés à la présence de potassium, de thorium et d'uranium mesurés par activation neutronique. Le rayonnement cosmique estimé (épaisseur du sédiment de recouvrement, altitude) tient compte de la teneur en eau. Le rapport paléodose / dose annuelle donne l'âge.

Les résultats sont donnés dans le tableau 4. Les échantillons X 1650 et X 1651 concernent respectivement le lœss weichselien (base) et le limon jaune saalien. Le tableau 5 donne les teneurs en eau (moisture), en potassium, thorium, uranium servant à estimer le rayonnement beta, donc à mesurer le rayonnement gamma pour calculer la dose de rayonnement annuelle.

Le premier échantillon X1650 (base du lœss weichselien) a un âge

Field code	Location	Lab. code	Depth (m)	Palaeodose (Gy)	Dose rate (mGy/a)	Age (ka)
EV03-01	Trench T29	X1650	0,96	89,53 ± 1,60	2,28 ± 0,09	39,21 ± 1,87
EV03-02	Trench T29	X1651	2,45	> 300 gy (299,15 ± 25,33)	2,49 ± 0,11	> 120 (120,2 ± 11,7)

Tableau 5 - Paléodoses, doses annuelles et âges estimés de la base du lœss weichselien et du limon jaune saalien.

Table 5 - Paleodoses, annual doses and estimated ages of the base of the Weichselian loess and Saalian 'yellow loams'.

Field code	Location	Lab. code	Moisture	Potassium (%)	Thorium (%)	Uranium (%)
EV03-03	Trench T31	X1652	16	0,98	13,2	2,94
EV03-04	Trench T31	X1653	15,5	1,04	12,8	2,97

Tableau 6 - Teneurs en eau, Potassium, Thorium et Uranium des échantillons prélevés à la base du lœss weichselien et du limon jaune saalien.

Table 6 - Water, Potassium, Thorium and Uranium content from samples taken at the base of the loess Weichselian and Saalian 'yellow loams'.

Field code	Location	Lab. code	Depth (m)	Palaeodose (Gy)	Dose rate (mGy/a)	Age (ka)
EV03-03	Trench T31	X1652	2,42	> 450	2,37 ± 0,09	> 200
EV03-04	Trench T31	X1653	2,42	> 450	2,41 ± 0,10	> 200

Tableau 7 - Paléodoses, doses annuelles et âges estimés des "limons rouges".

Table 7 - Paleodoses, annual doses and estimated ages of the 'red loams'.

Field code	Location	Lab. code	Moisture	Potassium (%)	Thorium (%)	Uranium (%)
EV03-01	Trench T29	X1650	18,9	1,13	12,2	1,46
EV03-02	Trench T29	X1651	18,1	1,38	12,1	2,2

Tableau 8 - Teneurs en eau, Potassium, Thorium et Uranium des échantillons prélevés dans les "limons rouges".

Table 8 - Water, Potassium, Thorium and Uranium content from samples taken in 'red loams'.

de 39,21 ka ± 1,87. Les résultats obtenus à partir de 6 aliquotes sont homogènes. Ce résultat paraît donc recevable. Il implique le début de la sédimentation lœssique vers 40 ka, soit un peu plus tôt que prévu (35 ka) selon Antoine *et al.* (1998).

Le deuxième échantillon X1651 (lœss du Saalien) a un âge de 120,2 ± 11,7 ka selon deux aliquotes non saturées. Les quatre autres aliquotes étant près de la saturation et donnant des valeurs de paléodoses dispersées, on peut considérer qu'un âge minimum de 120 ka est vraisemblable. Globalement les résultats obtenus pour l'échantillon X1651 doivent être pris avec prudence ; ils ne sont cependant pas en contradiction avec un âge fini-saalien du limon jaune établi sur la base des observations stratigraphiques.

Deux autres échantillons ont été prélevés dans la tranchée 31, à proximité immédiate des limons rouges reconnus en zone 6.

Dans la coupe 31 (fig. 56), sous 1 m de limon récent accompagné de son cailloutis de base, nous avons observé un paléosol argileux brun-rouge ("limon rouge") épais de 80 cm, recouvrant un lœss gris, épais d'1 mètre, à films horizontaux noirs et ocres, caractéristique du lœss ancien altéré par deux paléosols rouges rencontrés en zone 5 (coupe 1).

Les prélèvements effectués au milieu des lœss gris de base, à 2,42 mètres de profondeur, à 20 cm de distance, ont donné une date supérieure à 200 ka (cf. tableaux 6 et 7), toutes les aliquotes étant saturées, en se fondant sur la dose de saturation (500 gy) de la courbe de croissance du signal en fonction de la dose.



Figure 56 - Long-Buisson II, coupe 31 : Vieux lœss (3) à la base des "limons rouges" (2), nappés par le sol de surface sur lœss récent (1) ; prélèvements OSL (cliché Dominique Cliquet, MCC).

Figure 56 - Long-Buisson 2, section 31: Old loess (3) at the base of 'red loams' (2), topped by soil surface of recent loess (1); OSL samples (photo Dominique Cliquet, MCC).

On se trouve en limite de méthode, mais ce résultat ne contredit pas l'interprétation d'âge très ancien pour le complexe des "limons rouges".

Soutirages limités

Le cailloutis de base weichselien est rectiligne sauf en zone 6 (coupe 1 bis, fig. 41) où il se creuse de 50 cm au maximum (centre de la poche de limons rouges).

D'autres soutirages limités (2 mètres) sont associés au limon noir de la zone 5, notamment en 9 et en 11. Ils sont attribués au Weichselien ancien. Un seul cas (coupe 1bis, fig. 46) témoigne d'un affaissement très localisé de près d'un mètre, postérieurement à la mise en place du cailloutis de base weichselien, probablement d'âge post 35 000 B.P. Les crises d'aspiration karstiques se placent à la fin du Pléistocène inférieur (sables), au Pléistocène moyen avant le Saalien ("limons rouges"), au Saalien ("limons jaunes"), et de façon très limitée au début du Pléistocène supérieur (Weichselien ancien) et au cours du Pléistocène supérieur (coupe 1 bis, zone 6).

Les fentes de gel

Elles sont localisées dans la zone 5 et dans la partie nord de la zone 6 jusqu'à la coupe 8 (sables rubéfiés). Largues de 10 cm, profondes de 1,5 à 2 m, espacées de 2 m elles dessinent en surface un réseau polygonal. Ce ne sont pas des "ice wedges", fentes plus larges à remplissage initial de glace, marqueurs de pergélisol continu et donc de climat très froid (température moyenne annuelle d'au moins - 6°) ; ce sont des "soil veins", fentes à remplissage minéral secondaire du vide ouvert par la fissuration annuelle de la fente. Elles existent avec ou sans pergélisol continu.

Elles sont fréquentes en Normandie à la base du Weichselien. Leur âge est postérieur aux "limons jaunes" et aux "limons rouges" qu'elles pénètrent. Elles sont recouvertes par le "limon noir" et par le cailloutis de base weichselien. Le "limon noir" étant probablement d'âge weichselien ancien, elles correspondent à la génération précédemment mentionnée de "soil veins" qui débouchent au niveau du "sol noir" (gris forestier) du Weichselien ancien comme à Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Lautridou 1985).

Les "limons jaunes" et le fonctionnement de la grande poche (zone 5)

Ce sont des lœss qui ne sont pas typiques : teneur importante en argile (fig. 43), zones brunifiées. Ils se sont probablement déposés quand la dépression commençait à fonctionner avec une humidité plus importante qu'aux alentours.

Au cœur de la poche (zone 5; fig. 49), le complexe des "limons jaunes" comprend à la base des limons gris hydromorphes puis des limons sableux brunâtres. Ces derniers limons débordent du trou central pour recouvrir le replat bordier. Ensuite se déposent "les limons jaunes", initialement gris, mais uniquement au centre (coupe 7) puis brun-jaunes, qui terminent le remblaiement du trou principal (coupe 7) puis s'étendent sur le replat. La grande poche s'est constituée en deux temps : d'abord affaissement de 2 à 3 mètres (replat-glacis) formant en surface un cercle de 25 m de rayon, puis au centre un nouveau soutirage de 5 m de rayon et de 4 m de profondeur. L'ensemble est recouvert par les "limons jaunes". Un dernier rejeu

a eu lieu au Weichselien ancien, qui provoque un léger affaissement ayant la même étendue que le premier sauf au sud (coupes 3-7, coupe 7 ter) où les limons jaunes n'ont pas été recouverts. Il s'est accompagné de petits soutirages très limités (coupe 10, coupe 11 bis).

Place des industries sur le site du Long-Buisson I

Quelques artefacts ont été rencontrés à l'occasion de l'ouverture des tranchées, en petits lots très localisés au sein du paléosol supérieur des "limons rouges" (coupe 1) et du "limon noir" (coupe 9 bis).

L'essentiel du mobilier provient de la bordure de la dépression centrale de la zone 5 sur le replat-glacis qui le domine. Posés sur l'argile à silex ou sur 20 cm de "limon jaune" (coupe 13, fig. 53), ils correspondent donc à la base de ces "limons jaunes" saaliens.

En bordure de la zone 6, quelques pièces lithiques sont associées au cailloutis de base du lœss récent weichselien.

Les sites du Long-Buisson II et III (fig. 58 et 43B)

Les sites du Long-Buisson II et III constituent la continuation du plateau crayeux du Long-Buisson I et présentent les mêmes formations superficielles, à la différence que le lœss récent est encore moins épais, le plus souvent pelliculaire ou absent. Le substrat d'argile constitue la majeure partie des affleurements.

1 - Le lœss récent weichselien peu épais est totalement affecté par la pédogénèse du sol de surface. À la base du lœss on retrouve le cailloutis principalement constitué de silex, qui contient de l'industrie au niveau du secteur Heb. (fig. 43B).

2 - L'argile à silex, identique à celle du site précédemment analysé, s'avère peu épaisse sur les épontes de craie ; elle comble des entonnnoirs de dissolution, comme il a été possible de l'observer lors du creusement du bassin d'orage (coupe 14; fig. 45).

Elle est constituée de silex, de résidus de dissolution de la craie, de sables et d'argiles tertiaires, de cailloux de meulière tertiaires (fig. 43A), de rares silicifications (grès tertiaires) et de concrétions ferrugineuses qui se retrouvent de manière récurrente dans l'argile à silex du Bassin parisien, notamment dans sa partie occidentale (cartes géologiques à 1/50 000^e de Falaise et d'Argentan).

3 - Les cailloutis fluviatiles des plateaux, d'extension importante au nord (fig. 43 A) correspondent aux reliques d'un fleuve de plateau (Pré-Iton), vraisemblablement périglaciaire eu égard à la taille des galets centimétriques, et attribuable à la première partie du Pléistocène inférieur. Un lambeau de 50 cm de cette formation, conservé dans une petite poche, a été observé (fig. 43B, coupe 32).

Ce dernier alimente les cailloutis de base du lœss récent (coupe 31; fig. 44).

4 - Les remplissages karstiques s'avèrent de différentes natures.

a) Les sables et les argiles tertiaires

Le sondage 31 a permis de reconnaître sur une puissance de six mètres des sables fins de couleur grise attribués au Stampien (Oligocène, fig. 43A).

L'ouverture d'une fosse (fig. 43B, sondage 31) a mis en évidence des argiles tertiaires (Sannoisien) recouvertes par des "limons noirs" (cf. infra).

b) Les "limons jaunes"

Les "limons jaunes", déjà reconnus sur le site du Long-Buisson I, apparaissent conservés sur 6 mètres d'épaisseur, dans une poche (coupe 33).

Le profil apparaît constitué de haut en bas, sous le niveau de décapage :

- 0 – 0 - 60 cm : limon récent pédogénéisé, avec l'habituel cailloutis de base ;
- 1 – 60 - 130 cm : limon argileux, brun marron, à structure polyédrique, à revêtements argileux ; horizon Bt du sol eemien ;
- 2 – 130 - 400 cm : "limon jaune" assez argileux, intégrant un niveau gris épais de 10 cm à 30 cm.

Le lœss sous-jacent comporte des points ferro-manganiques particulièrement vers sa base.

L'argile à silex est proche ; elle remonte latéralement jusqu'à la surface.

Dans le sondage 34, les "limons jaunes" ont 5 mètres d'épaisseur. Ils comportent au sommet l'horizon B textural tronqué du paléosol eemien (90 cm).

Dans le sondage 33, "les limons jaunes" sont épais de 6 mètres. Légèrement lités au sommet, ils passent à des limons à points et filaments noirs ferro-manganiques puis à des limons brun-orangé devenant gris jaunes puis brunâtres nettement lités.

La base est de couleur grise. Cette succession ressemble à celle définie dans la partie centrale de la zone 5 du Long-Buisson I (coupe 7). À 20 mètres du sondage 34 (point 34 bis) on observe la remontée rapide de l'argile à silex qui affleure en surface sur le côté droit de la tranchée.

c) Les "limons rouges"

Ils ont été reconnus aux points 17, 21, 23 et 26 (fig. 43B).

Dans la tranchée comportant des "limons noirs" (coupe 16 ; cf. infra), l'argile à silex réapparaît 5 m plus à l'est (coupe 18) sous 30 à 50 cm de lœss récent ; puis à 5 mètres de distance se développe une poche de "limons rouges" marbrés observables sur une épaisseur de 2,50 m. Ceux-ci sont recouverts par 1 m de limon argileux brunâtre-marron (correspondant peut-être au paléosol eemien ?). L'ensemble est scellé par 50 cm de lœss récent et son cailloutis de base.

Quelques artefacts lithiques ont été rencontrés à la base du limon brunâtre.

d) Les "limons noirs"

Les "limons noirs" repérés seulement au point 16 (fig. 43B) où il comblent une petite poche de 3 mètres de large, s'avèrent identiques à ceux de la zone 5 du Long-Buisson I, en cependant moins épais (80 cm). De couleur brunâtre, ils contiennent des maculations jaunes (fig. 57). Ils reposent sur des lits de sable et d'argile dérivant du substrat tertiaire (cf. infra).

Un cailloutis repose sur ces " limons noirs " formant un pavage dédoublé, qui dérive du cailloutis fluvial de plateau (Pré-Iton) sus-mentionné. Celui-ci est l'équivalent du cailloutis de base du lœss récent, constitué de petits silex gélifracés. Il est recouvert par le lœss récent dont une grande partie est atteinte par la pédogenèse du sol de surface (fig. 52). Comme dans la zone 6 du Long-Buisson I (coupe 1 bis), le lœss récent s'épaissit légèrement au niveau de la poche. Le soutirage karstique a joué à plusieurs reprises. Il a d'abord piégé les argiles tertiaires du Sannoisien. Au Weichselien ancien, un premier rejeu plus limité, de moins de 1 mètre, a permis l'accumulation de sable et d'argile puis de " limon noir ". Ensuite un nouveau rejeu (d'environ 50 cm) s'est effectué au début du dépôt du lœss récent.

Enfin, et c'est le seul cas observé sur les sites du Long-Buisson, la poche s'est de nouveau affaissée d'une cinquantaine de centimètres à l'Holocène inférieur, avant l'Age du Bronze, les habitats de cette période évitant cette petite dépression qui en fait se prolonge vers le sud-est en formant un chapelet de petits creux comportant comme au point 31 bis une légère accumulation lœssique. Ce chapelet se raccorde à une tête de vallon dirigée nord-ouest / sud-est passant au sud du Long-Buisson I et traversant le bassin d'orage. Il est probable que cette petite bande déprimée a été guidée par un drain karstique souterrain lié au paléo-Iton qui se dirige vers l'est.



Figure 57 - Long-Buisson II, coupe 16 : lœss récent (1), cailloutis de base du lœss (2), "limons noirs" maculés de taches jaunes (3), alternance de lits sableux et argileux du Weichselien ancien basal (4) et argile tertiaire (5) (cliché Dominique Cliquet, MCC).

Figure 57 - Long-Buisson 2, section 16: recent loess (1), gravel base of the loess (2), 'black loams' with yellow stains (3), alternating sand and clay levels of the basal Early Weichselian (4) and tertiary clay (5) (photo Dominique Cliquet, MCC).

Conclusion

Sur les sites du Long-Buisson II et III, on retrouve le même style stratigraphique que sur le Long-Buisson I, avec un lœss récent weichselien, souvent pelliculaire et discontinu, des poches comblées principalement de sables et d'argiles tertiaires et de "limons rouges", mais aussi de "limons jaunes" du saalien et de "limons noirs" du Weichselien ancien.

Synthèse chronostratigraphique (fig. 58)

Le plateau crayeux du Long-Buisson qui domine la vallée de l'Iton et la ville d'Évreux est intensément karstifié. Il comporte deux formations superficielles : l'argile à silex et le lœss récent weichselien.

L'argile à silex, d'âge tertiaire est peu épaisse sur les épontes, elle pénètre dans la craie par des entonnoirs de dissolution et par de grandes poches où aux insolubles de la craie s'ajoutent sables et argiles tertiaires (intimement mélangés ou bien séparés). Le lœss récent est peu épais (moins de 2 mètres), le plus souvent pelliculaire et discontinu, laissant alors affleurer l'argile à silex. De grandes poches de 50 mètres de large et 6 à 7 mètres de profondeur, d'origine karstique, sont remplies de lœss et de sédiments tertiaires. Une dernière formation, les "graviers et cailloutis de plateau" sub-émoussés d'origine fluviatile (Pré-Iton), jalonne localement le plateau. Un seul cas d'extension, très limité, a été observé. Antérieurs à la nappe de la très haute terrasse (1 million d'années) et postérieurs aux Sables de Lozère (Pliocène), leur âge se situe dans la première partie du Pléistocène inférieur vers 1.5 million d'années.

Les grandes dépressions karstiques (dolines) ont joué ou rejoué à plusieurs reprises à partir du moment où le karst a commencé à fonctionner, suite à l'encaissement de l'Iton et de l'Eure, dont la première étape est celle de la très haute terrasse.

Deux phases majeures de formation des grandes poches ont été détectées. La première à remplissage sableux et argileux tertiaire est probablement liée au premier encaissement des vallées (très haute terrasse) soit vers 1 million d'années. La seconde, remplie de "limons rouges" (paléosols lessivés argileux, rougeâtres ou orangés à marbrures d'hydromorphie, et de lœss gris sous-jacent), date vraisemblablement du milieu du Pléistocène moyen.

Une autre phase piégeant le lœss saalien ("limons jaunes") a été détectée essentiellement en deux points. Enfin, des rejeux mineurs ont affecté le Weichselien ancien ("limons noirs"), le commen-

cement du dépôt du lœss récent et le début de l'Holocène. De telles dépressions karstiques ont été observées aussi dans le Pays de Caux où, comme à Évreux, elles piègent surtout des dépôts tertiaires et les "limons rouges" (paléosols Iville V et VI) de la première partie du Pléistocène moyen et récent du Pays de Caux. On en observe ici trois, deux piégées et une de couverture (lœss récent). Ceci montre bien l'importance des hiatus.

Les calages chronostratigraphiques s'appuient sur la corrélation des séquences lœss-paléosols de la région de référence, le Pays de Caux, sur la minéralogie et sur les datations numériques OSL.

La datation de la base du lœss récent a donné 39 ka, celle des "limons jaunes" (120 ou > 120 ka) est à considérer avec réserve en raison de la saturation du signal, mais confirme néanmoins un âge pré-weichselien. L'essai de datation du lœss à la base des "limons rouges" a montré qu'on était en limite de la méthode en raison de son âge très ancien.

Le lœss récent weichselien recouvre ces formations piégées. Il comporte toujours à sa base un cailloutis polygénique de petits silex géolifracés contenant de l'industrie lithique qui cumule plusieurs phases d'érosion du Weichselien de 110 à 39 ka.

Un réseau polygonal de fentes de gel de type "soil vein" (fentes à remplissage minéral secondaire), daté du Weichselien ancien, n'implique pas la présence d'un pergélisol continu, mais plutôt de gel saisonnier intense et profond dans un contexte de pergélisol discontinu (d'autant plus qu'on ne trouve pas ces fentes au Long-Buisson II).

Excepté pour les sables tertiaires et le limon noir, le début de l'affaissement des dolines s'effectue au commencement de la sédimentation lœssique puisqu'on n'observe jamais au fond des dépressions des dépôts gravitaires provenant des sables et des argiles à silex. Les assemblages lithiques se situent dans le paléosol supérieur des "limons rouges", à la base des "limons jaunes", au sein et à la base du "limon noir", et dans le cailloutis de base du lœss récent, placés le plus souvent directement sur l'argile à silex.

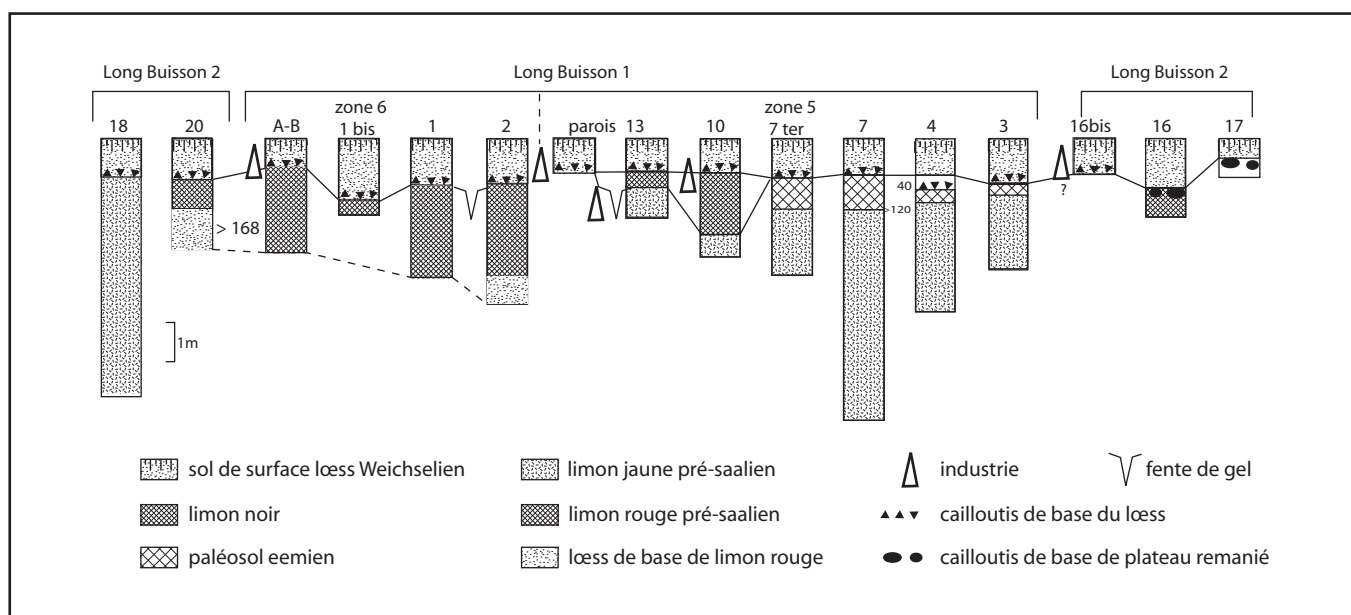


Figure 58 - Corrélations entre les coupes des sites du Long-Buisson et position des industries (DAO Bertrand Fauq, MCC).
Figure 58 - Correlations between different sections of Long-Buisson sites and position of the industries (CAD Bertrand Fauq, MCC).