

ÉTUDE SEDIMENTOLOGIQUE DANS LA GROTTÉ DE REMOUCHAMPS

par

C. EK

avec la collaboration de S. ALEXANDRE-PYRE et E. JUVIGNÉ
(Laboratoire de Géologie et Géographie physique de l'Université de Liège)

1. Le but et la méthode

A. BUT.

L'étude sédimentologique des fouilles ouvertes dans la grotte de Remouchamps sous l'égide du Centre interdisciplinaire de Recherches archéologiques a eu pour but essentiel de fournir un support aux recherches palynologiques, paléontologiques et archéologiques.

Les prélèvements faits dans le cadre de ces diverses disciplines ont été effectués simultanément. Le présent chapitre se bornera à décrire brièvement les dépôts de chaque fouille, à rechercher leur origine et leur mode de mise en place et à établir certaines corrélations d'une coupe à l'autre.

B. MÉTHODE.

Les descriptions sont essentiellement basées sur l'étude du terrain. Toutefois, lorsque le besoin s'en est fait sentir, nous avons eu recours à quelques recherches de laboratoire, en particulier en ce qui concerne la *granulométrie*, la *morphoscopie* des sables, la *morphométrie* des éléments grossiers et la détermination des *minéraux denses*.

Les *analyses granulométriques* sont dues à Madame S. ALEXANDRE-PYRE.

La fraction granulométrique supérieure à 105 microns a été séparée des éléments fins par tamisage sous eau.

Après séchage à l'étuve, cette fraction grossière a été passée dans une série de tamis Tyler ASTM dont l'ouverture des mailles varie en progression géométrique de raison 2.

Les éléments fins ont été ensuite fractionnés en sables fins (60 à 105 microns), silts grossiers (20 à 60 microns) et silts fins (2 à 20 microns) par lévigation dans un élutriateur d'Andrew étalonné suivant la loi de Stokes.

Le silt fin a ensuite été repris et analysé à la balance de sédimentation Sartorius qui permet la détermination de classes dans les éléments très fins et le calcul de la portion argileuse (moins de 2 microns).

Les pourcentages relatifs et cumulés, les 100 centiles exprimés suivant la dimension en microns et en unité phi, les indices de classement, dissymétrie et aplatissement de la courbe de fréquence ont été calculés par ordinateur.

Madame S. Alexandre-Pyre, qui a effectué les analyses granulométriques, a largement contribué également à la discussion de leur interprétation. Quelques courbes granulométriques seront présentées et discutées, mais il a paru inopportun de s'étendre ici sur les divers indices mathématiques tirés des études granulométriques.

La *morphoscopie des sables* et la *morphométrie des débris grossiers et des cailloux roulés* ont été menées suivant les méthodes préconisées par A. CAILLEUX et J. TRICART (1959). On n'en donnera ici que les résultats ayant conduit à certaines interprétations sur le mode de transport et de mise en place des matériaux.

Les *déterminations des minéraux denses* de quelques échantillons ont été effectuées par Monsieur E. JUVIGNE, qui a contribué aux interprétations ici rapportées de ces déterminations.

C. Figures.

Les descriptions de fouilles qui suivent sont toutes accompagnées de croquis, tous à la même échelle. Vu les fortes variations de puissance et les pentes fréquemment irrégulières des limites entre les niveaux, il a semblé préférable de renvoyer aux figures pour l'épaisseur et la profondeur des couches. Les couches proches de la surface surchargées de hachures obliques sont des couches d'origine anthropique, généralement en relation avec l'exploitation de la grotte et datant du XIX^e ou du XX^e siècle.

2. Description des sondages

LE SONDAGE A

A. Localisation.

Le sondage «A» a été effectué contre la paroi ouest de la salle d'entrée (fig. 6). Son extrémité la plus proche de la grille d'entrée est à environ 3 m de celle-ci ; son extrémité opposée est à 9 m de la grille. La figure 6 montre la localisation des deux coupes qui ont été dessinées : a-b (fig. 7) et a-c (fig. 8).

B. Description.

La figure 7, représentant une face qui constitue temporairement la paroi est de la fouille, montre, de haut en bas, la succession suivante.

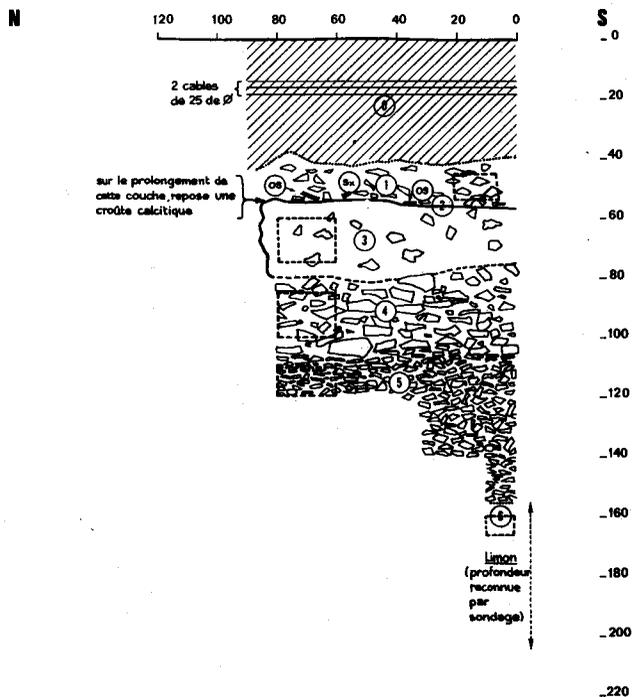


FIG. 7. — Sondage A, paroi est.
Les rectangles en traits interrompus indiquent les lieux de prélèvement des échantillons.

o. Remblai anthropique de gravier calcaire.

1. Débris calcaires anguleux ou légèrement émoussés, atteignant 10 cm maximum, dans une matrice argilo-limoneuse rouge-brun foncé. Il semble que ce niveau soit partiellement remanié à sa partie supérieure.

2. Surface indurée (de la couche limoneuse 3), sur laquelle reposent des os, des débris de coquille, des silex taillés, un peu de terre noirâtre et du charbon de bois.

3. Limon rose, enrobant des blocs calcaires anguleux ou légèrement émoussés (longueur maximum : 12 cm), dont certains présentent une patine claire sur l'une ou l'autre face.

4. Débris calcaires anguleux grossiers (longueur maximum : 20 cm) dans une matrice sablo-limoneuse de moins en moins abondante vers le bas. La matrice date donc de la fin de l'apport des débris ou est postérieure à cet apport.

5. Eboulis secs de débris calcaires anguleux ; les blocs sont plus petits que dans la couche 4.

6. Limon brun légèrement argileux, vu sur 10 cm et reconnu par sondage sur 40 cm de plus, soit jusqu'à la profondeur de 2,05 m.

La figure 8 représente la paroi sud de la même fouille. On y reconnaît, de haut en bas :

o. Remblai anthropique.

1. Un horizon argilo-limoneux rouge-brun foncé avec un peu de charbon de bois.

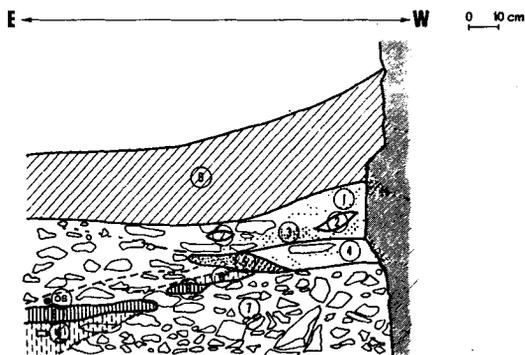


FIG. 8. — Sondage A, paroi sud.

2. Des lentilles de sable grisâtre intercalées dans 1.
3. Un enrichissement progressif considérable en charbons de bois vers la base de 1.
4. Une trace de foyer sous la forme de terre rougeie, passant vers l'Est à :
5. Lit de charbon de bois.
6. Des plaques de plancher stalagmitique au-dessus ou en dessous desquelles le limon est parfois induré par de la calcite (6').
7. Débris calcaires anguleux grossiers dans une matrice peu abondante.

Le niveau 7 est certainement, sur la paroi sud de la fouille, l'équivalent du niveau 4 de la paroi est. Les niveaux 1 à 5 de la paroi sud constituent une bonne différenciation des ensembles 1 à 3 de la paroi est. Les planchers stalagmitiques (6) ne sont développés que sur la paroi sud.

C. Première interprétation.

La coupe présente (surtout bien visible sur la paroi est) une alternance de matériaux fins (dont ceux du dessus, couches 3 et 1 de la paroi est, contiennent des débris de calcaire) et des couches essentiellement constituées de débris de calcaires. Ces débris sont rigoureusement locaux, comme le montrent leur similitude lithologique avec les bancs calcaires constituant les parois et le plafond de la salle, et l'absence totale de débris grossiers d'origine différente.

LES SONDAGES B ET C

Le sondage B a été fait contre la paroi ouest de la salle d'entrée, comme le sondage A, mais vers le fond de la salle : il a été étendu entre 13 et 16,10 m au nord de la grille d'entrée. Son but était de retrouver la limite nord des fouilles de Rahir. Il a été poussé à son bord ouest jusqu'à la roche en place (fig. 6) ; sur son bord oriental, il a été limité par un très gros bloc de pierre dont le pendage (50° O) ne coïncide pas du tout avec celui de la roche en place (25° ONO) et qui est certainement une masse tombée du plafond. Le sondage B n'a rencontré que

des niveaux notablement perturbés, et le peu de faune et d'industrie qui y ont été trouvés ne sont pas en place.

Le sondage C, effectué contre la paroi opposée, s'étend entre 5,50 m et 6,50 m au nord-est de l'entrée (fig. 6). Il avait pour but de reconnaître une zone non encore fouillée de la salle d'entrée ; poussé jusqu'à la roche en place, il n'a rencontré que des niveaux complètement perturbés par les aménagements touristiques.

LES SONDAGES D ET DD

A. Localisation.

Situés dans une zone non encore fouillée de la salle d'entrée, les sondages D et DD occupent une partie importante de la moitié orientale de la salle. Le sondage D a son centre à quelque 8 m de la grille d'entrée et le sondage DD, effectué ultérieurement pour compléter les données du précédent, a son centre à environ 11 m de la grille. La fouille a été poussée localement, en D, jusqu'à 2,60 m de profondeur. Les coupes effectuées (a-b, a-c, d-e, et e-f) sont localisées sur la figure 6 et représentées sur les figures 9 et 10.

B. Description du sondage D

La figure 9 représente les parois sud (à gauche) et ouest (à droite) du sondage. On observe, de haut en bas :

1. Remblai anthropique : gravier calcaire dans une matrice limoneuse ; remaniements récents : xix^e et xx^e siècles.

2. Limon orangé sans stratification interne, à très petites macules calcaires blanches. Rares petits cailloux calcaires, généralement anguleux. Cette couche est plus caillouteuse sur les parois sud (2 s) et nord que sur la paroi ouest ; elle semble en partie remaniée par l'homme, car elle comporte de petits amas de terre noire provenant de la couche 3.

3. Sable brun noirâtre, à petits débris calcaires anguleux et à charbon de bois.

3' et 3''. Même sable brun noirâtre, mais comportant de très nombreux débris aplatis, généralement disposés horizon-

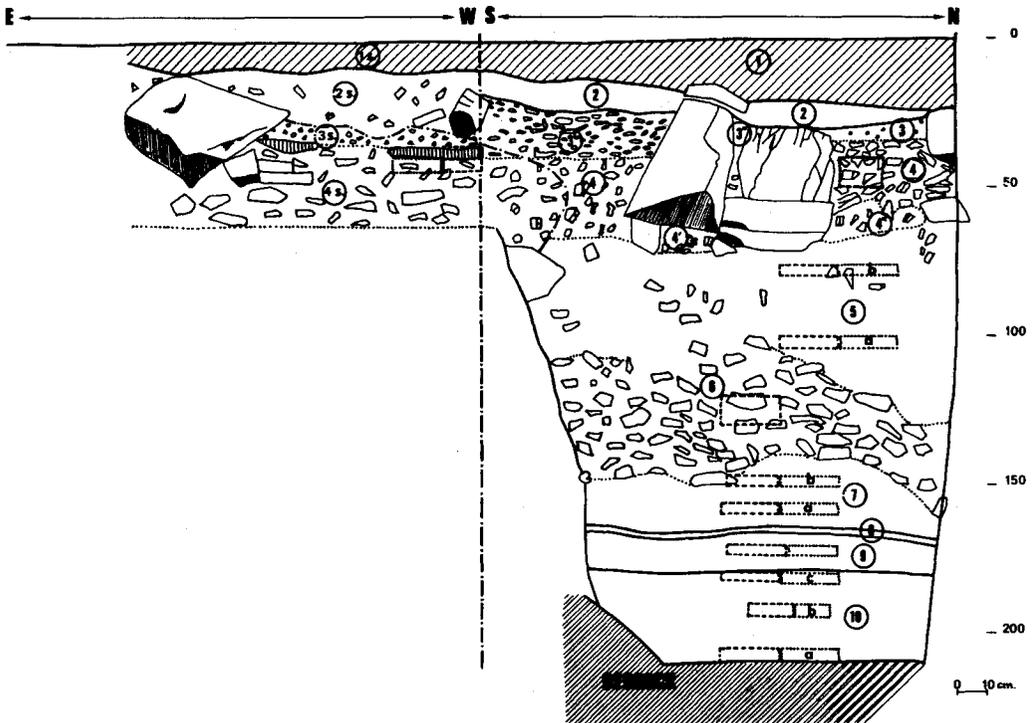


FIG. 9. — Sondage D, paroi sud (à gauche) et ouest (à droite).

Les rectangles en traits interrompus indiquent les lieux de prélèvement pour analyse sédimentologique ; les rectangles pointillés représentent les endroits de prélèvement pour étude palynologique.

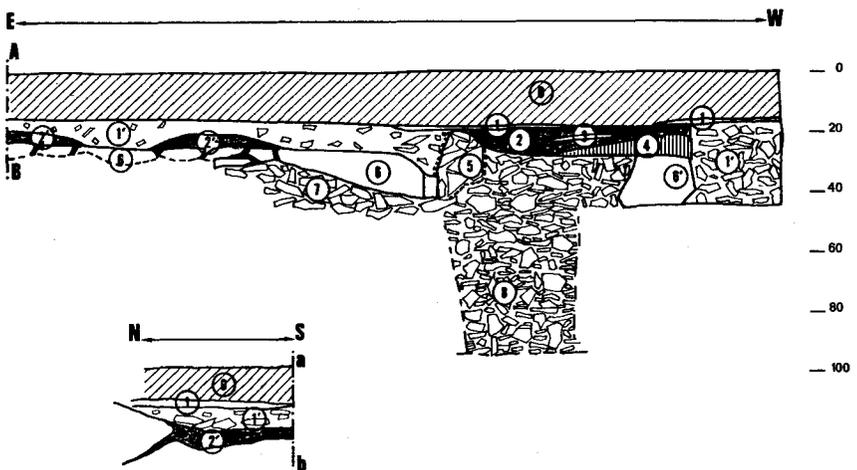


FIG. 10. — Sondage DD, paroi sud (en haut) et est (en bas).

talement, mais, près du bloc rocheux qui les supporte au nord, orientés parallèlement aux faces du bloc. Sur la paroi sud, la couche (3 s) a les mêmes caractères que sur la paroi ouest.

4. Couche de débris calcaires anguleux dont les plus gros (de l'ordre de 1 dm³) sont massifs et les plus petits très aplatis. Certains de ces débris sont fissurés sur place. La matrice est très peu abondante. On a essentiellement affaire ici à des débris du plafond gélifractés, avec continuation de l'action du gel après la chute.

4'. Les débris calcaires, semblables à ceux de la couche 4, sont enrobés dans une matrice sablo-limoneuse brun foncé.

4". La matrice, semblable à celle de 4', est ici beaucoup plus abondante que les gélifractés.

Il semble que 4' représente un mélange des couches 4 et 4". Les deux gros blocs calcaires qui occupent la paroi ouest sont très fissurés, surtout à leur sommet, ce qui confirme la persistance des actions cryoclastiques après la chute.

5. Limon brun très clair, sans litage apparent, comprenant quelques débris calcaires anguleux. Cette couche passe progressivement à :

6. Couche de débris calcaires, épars vers le haut, jointifs à la base de la couche. La matrice est la même que celle de la couche 5.

Alors que dans la couche 4 les débris calcaires montrent des faces propres, dans la couche 6, ils sont enduits d'une couche de limon qui les masque, même à la base de la couche, où ils sont jointifs.

7. Limon homogène, argileux, sans stratification interne. Même teinte que dans la couche 4, mais piquetée de petites macules oranges. Absence de débris calcaires.

8. Couche de limon très argileux, brun clair. Absence de débris calcaires.

9. Limon brun très clair, stratifié de fines bandes oranges et finement tacheté d'orange. Un seul débris calcaire a été vu dans cette couche.

10. Limon semblable à la couche 9, mais non stratifié. Absence de débris calcaires.

C. Description du sondage DD

Ce sondage, situé juste au nord de D, en est distant de moins de 1 m. La description ci-dessous est basée surtout sur l'étude des parois sud et est du sondage (fig. 10).

o. Remblais anthropiques ; remaniements récents : XIX^e et XX^e siècles.

1. Couche limoneuse mince et discontinue.

1'. Débris de calcaire anguleux, aplatis, enrobés dans une matrice limoneuse semblable au matériel de la couche 1. Les cailloux sont disposés à plat sur la paroi sud, et pendent faiblement vers l'ouest sur la paroi est.

2. Terre noire, fine, contenant de petits fragments de calcaire et une lentille de limon jaune (3).

2'. Terre noire, plus fine que 2, contenant des silex taillés.

3. Lentille de limon jaune.

4. Ebauche de deux stalagmites, entourées d'un petit plancher.

5. Débris de calcaires anguleux ; la matrice limoneuse y est plus rare et plus grisâtre qu'en 1', mais plus abondante qu'en 8.

6 et 6'. Gros blocs calcaires (jusque 50 cm), à surface supérieure très oxydée (le calcaire, noir dans la masse, est blanchi sur 3 mm). La disposition des blocs, plus ou moins horizontaux et de niveau (voir fig. 10), évoque une sorte de pavage. Entre les blocs s'est insinuée la terre noire de la couche 2'.

7. Eboulis sec. Le sommet comporte quelques os de mammifères et est partiellement soudé à la base des blocs 6.

8. Eboulis à matrice peu abondante.

LE SONDAGE E

A. Localisation.

A l'extrémité nord de la salle d'entrée débouche la Galerie du Précipice. C'est à cet endroit, à quelque 25 m de l'entrée, qu'a été fait le sondage E. Le sondage est situé dans le passage même, qui est rétréci en cet endroit (voir fig. 6).

B. Description.

1. Remblai anthropique, se subdivisant comme suit :

1a. Dernier remblai, constitué essentiellement de fin gravier calcaire (remblai en relation avec l'exploitation touristique actuelle de la grotte).

1b. Remblai plus ancien, probablement du XIX^e siècle, de débris de calcaire anguleux grossiers.

2. Couche de sable fin, à débris anguleux rares et comportant quelques cailloux roulés de rivière.

3. Cailloux roulés de rivière dans une matrice analogue à la couche 2, mais très peu abondante. Les cailloux sont essentiellement de grès paléozoïques.

4. Bedrock : calcaire frasnien.

C. Première interprétation.

Les couches 2 et 3 constituent des alluvions de rivière qui nous paraissent en place. La disposition du bedrock (fig. 11) a empêché de faire des analyses statistiques de la position des cailloux pour vérifier s'ils avaient été amenés de l'intérieur de la grotte (par le Rubicon) ou de l'extérieur, par une crue de l'Amblève au moment où celle-ci coulait à un niveau plus haut que l'actuel. La signification des cailloux roulés sera discutée, plus en détail, à propos du sondage F.

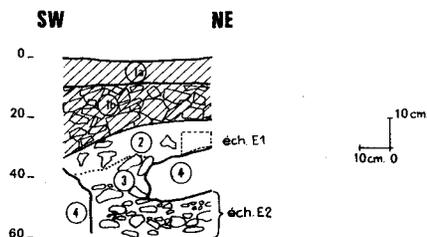


FIG. 11. — Sondage E, paroi sud-est.

LE SONDAGE F

A. Localisation.

Le sondage F se situe dans la Galerie du Précipice, vers la mi-longueur de celle-ci. Il en occupe le point le plus bas et s'étend sur toute la moitié ouest du passage (fig. 6).

B. Description.

La figure 12 montre les parois sud (à gauche) et est (à droite) du sondage F.

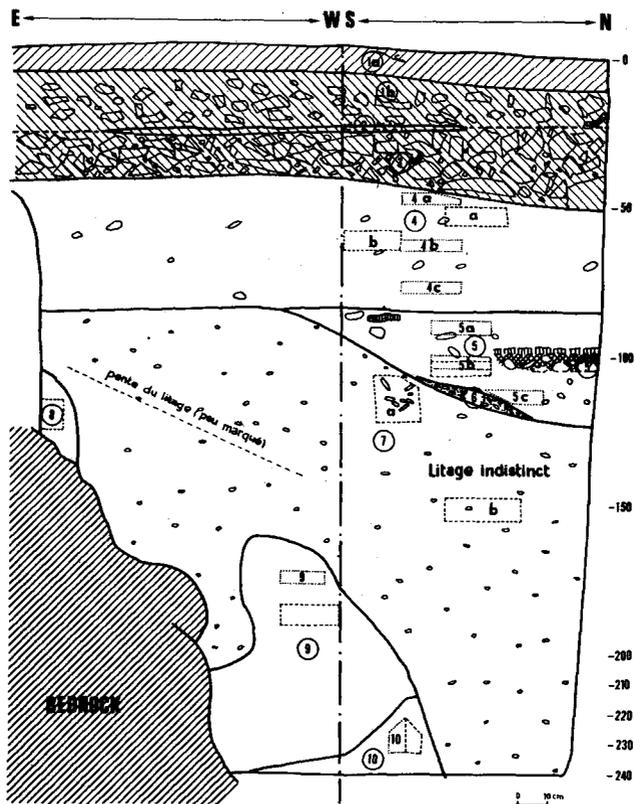


FIG. 12. — Sondage F, paroi sud (à gauche) et ouest (à droite).

Le sondage a atteint la profondeur de 2,40 m. Les niveaux 1a, 1b, 2 et 3 sont anthropiques ou du moins remaniés ou altérés par l'homme.

1a. Remblai anthropique : fin gravier calcaire anguleux (en relation avec l'exploitation touristique actuelle de la grotte).

1b. Remblai anthropique : gravier calcaire anguleux beaucoup plus grossier que 1a (longueur des éléments atteignant 8 cm) ; à la base un débris de conduite d'eau en grès (xix^e ou xx^e siècle).

2. Localement : lentille de limon jaune.

3. Anthropique ou au moins remanié : gravier calcaire anguleux, très grossier (la longueur des éléments atteint 25 cm). La base de cette couche est en open work ; le milieu et le sommet comportent par contre une matrice sableuse à argileuse, brun foncé, et un débris de tuyau de grès (xix^e ou xx^e siècle).

4. Sable limoneux, micacé, brun-jaune, à rares cailloux roulés épars dans la masse. Le sommet de la couche est un peu plus rouge.

5. Sable argileux brun-rougeâtre, à rares cailloux roulés, et comportant un petit débris de plancher stalagmitique.

5'. Plancher stalagmitique de 4 à 7 cm d'épaisseur, sous lequel sont soudés de nombreux cailloux roulés nuculaires à patine sombre.

6. Mince lentille de cailloux roulés pisaires dans une matrice de sable grossier brun foncé.

7. Masse de sédiments d'eau courante, essentiellement sable et cailloux roulés. Ceux-ci dépassent rarement 2 cm, sauf dans une poche près du sommet. Ils sont très aplatis. Le sable est rougeâtre, avec quelques niveaux plutôt brun-noirâtre. La partie sommitale est plus ou moins stratifiée en minces lentilles. L'orientation des cailloux est très variable et irrégulière : son analyse ne permet pas de déterminer le sens du courant ; ceci est dû à la localisation du sondage dans un point bas de la galerie, ancien siphon où les sédiments ont dû être remaniés fréquemment.

8. Sable argileux micacé, brun-jaune, aperçu seulement au contact du bedrock contre la paroi rocheuse orientale de la galerie.

9. Poche de sable plus grossier, moins argileux que le niveau 8, mais également micacé et de même couleur.
10. Argile très compacte, homogène, plastique, rougeâtre.

LE SONDAGE G

Le sondage G a été fait vers l'extrémité nord de la Galerie du Précipice (fig. 6). Il a recoupé des déblais anthropiques jusqu'à la profondeur de 43 cm, où il a découvert un plancher stalagmitique à surface noircie. Le dessus du plancher constituait une croûte lamellaire et surmontait une masse plus fibreuse, moins compacte. Le sondage G n'a fourni aucun vestige préhistorique.

LE SONDAGE H

Situé à quelque 170 m de l'entrée, le sondage H est donc distant de 100 m environ du sondage G (fig. 6). Il n'a fourni aucun vestige archéologique, mais, sous quelques décimètres de remblais récents en relation avec l'exploitation de la grotte, une série de couches ont été étudiées, dont plusieurs présentent un caractère fluviatile indubitable. Le sondage a été poussé jusqu'à 1,20 m sans atteindre le bedrock. A plusieurs niveaux, des cavités allongées, plus ou moins cylindriques, ont été recoupées (couches 4 à 11). Il nous semble bien qu'il doit s'agir de galeries creusées par de petits animaux. La couche 7', qui en contient plusieurs, comporte également assez bien de très petits débris de charbon de bois, mais en quantité insuffisante pour permettre une datation par les isotopes du carbone.

3. Étude sédimentologique

A. ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES par S. ALEXANDRE-PYRE.

1. *Analyses des sédiments de la coupe D.*

a. Partie supérieure D4 à D6 : Série de dépôts mal classés dans laquelle on distingue toutefois deux types :

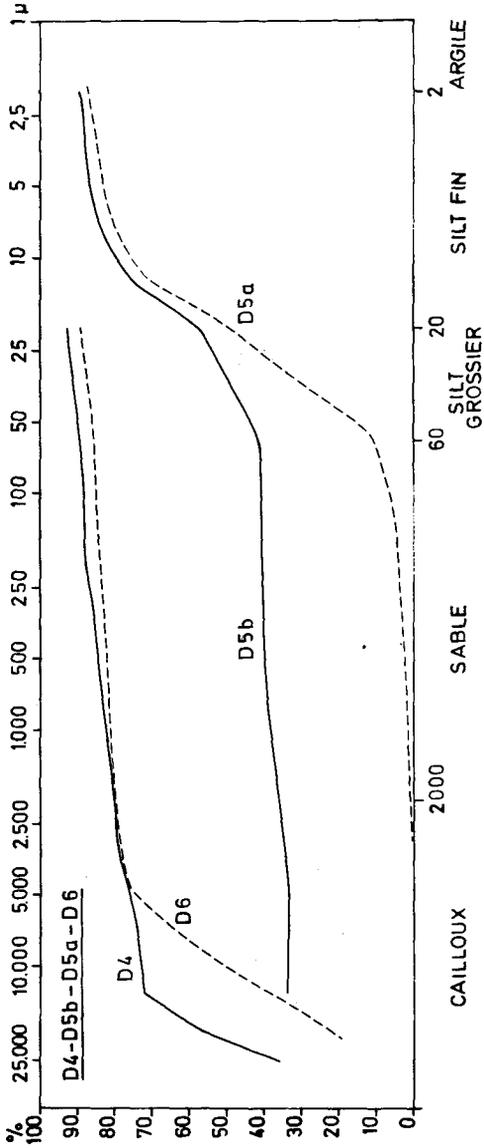


DIAGRAMME 1

FIG. 13.

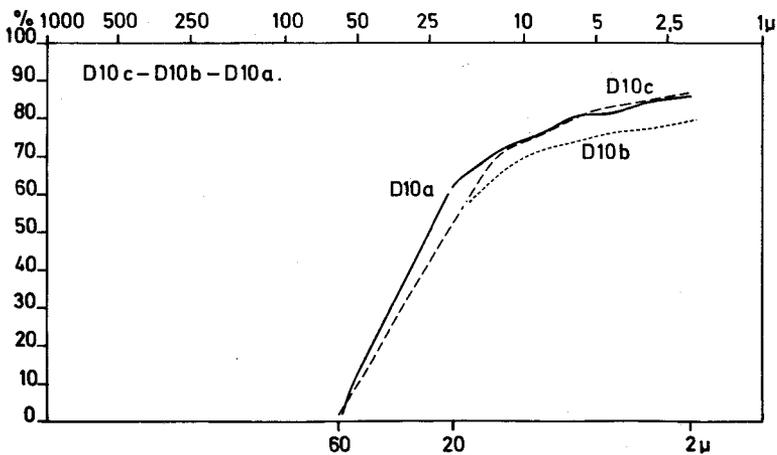
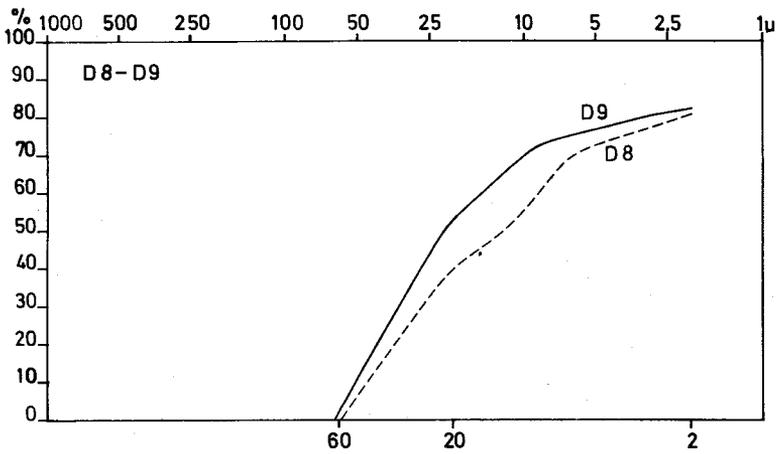
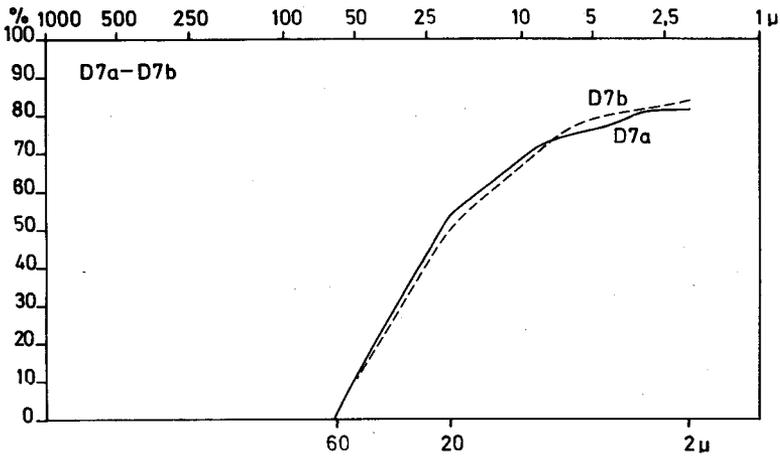


DIAGRAMME 2

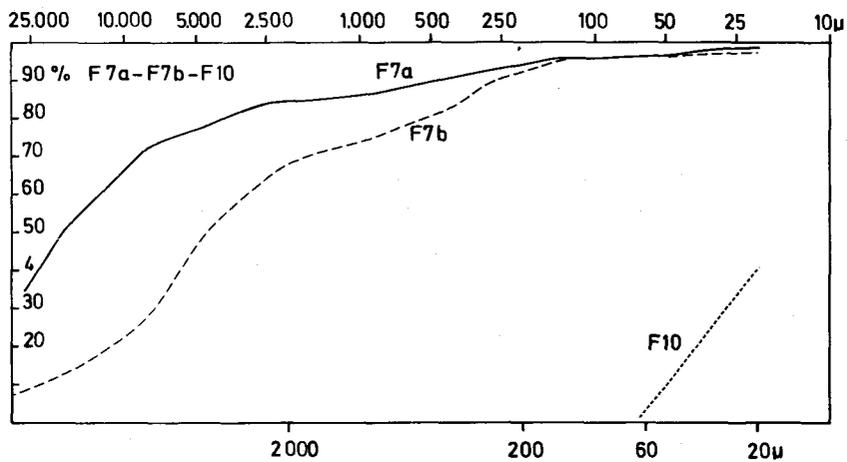
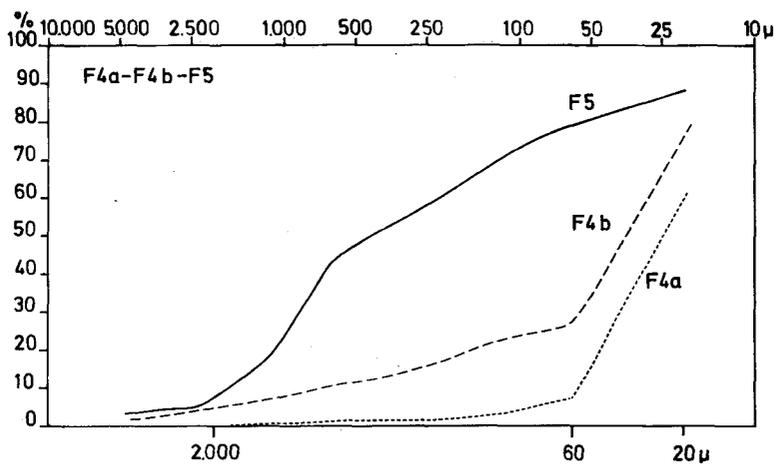
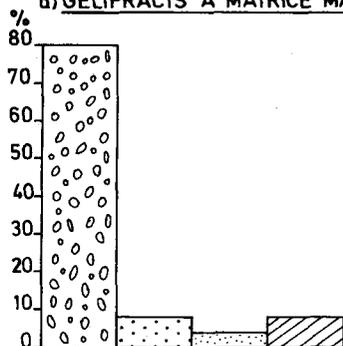
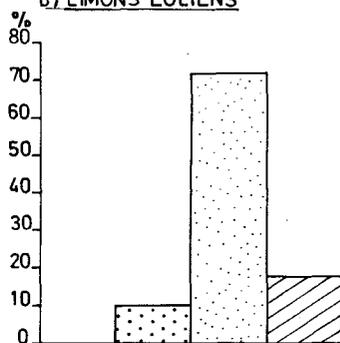
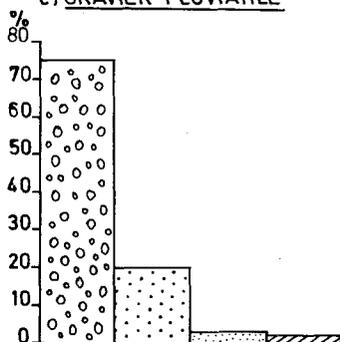


DIAGRAMME 3

FIG. 15.

a) GELIFRACTS A MATRICE MAL CLASSEEb) LIMONS EOLIENSc) GRAVIER FLUVIATILE
 CAILLOUX

 SABLE

 SILT

 ARGILE

DIAGRAMME 4 - HISTOGRAMMES

FIG. 16.

Type D4 et D6 : Ces deux couches sont formées de débris grossiers. La charge caillouteuse (c.-à-d. les éléments dont la taille est supérieure à 2 mm) représente plus de 80 % de l'ensemble du sédiment.

La matrice est elle-même très mal classée : sables, limons et argiles se partagent presque à égalité les 20 % restants.

Le diagramme 1 est une courbe granulométrique cumulative, c'est-à-dire qu'il indique, pour chaque dimension des grains, l'ensemble des grains (en % du poids total de l'échantillon) dont la dimension est égale ou supérieure à la dimension considérée. Le diagramme 4a est un histogramme et représente d'une façon schématique le pourcentage (du poids total de l'échantillon) de chacune des grandes classes granulométriques : cailloux — sable — silt — argile.

Type D5a et D5b : Tout en conservant un très mauvais classement dans les fractions graveleuse et sableuse, ces sédiments diffèrent cependant de ceux du premier type par deux caractères :

a) la plus petite dimension du 1^{er} centile (1) : 4 mm au lieu de 80 mm. Voir diagramme 1.

b) l'apparition d'un mode dans la fraction limoneuse (silts grossiers). La fraction argileuse reste toutefois assez importante (plus ou moins 10 %).

Les dépôts D4 et D6 se sont effectués «en vrac» et n'ont pas subi de transport longitudinal (si ce n'est sur de très faibles distances). Les dépôts D5a et D5b, tout en conservant le mauvais classement commun à tout le groupe ont une granulométrie influencée par un apport extérieur de limons d'origine probablement éolienne.

b. Partie inférieure D7 à D10.

La partie inférieure de la paroi présente une succession de fines laies de limons grossiers (au moins 50 % du sédiment se situent dans la fraction supérieure à 13 microns), plus ou moins enrichis d'argile ; celle-ci constitue

(1) Dimension du grain représentant 1 % dans la courbe cumulative des fréquences de chaque dimension.

- 20 % du total des sédiments D7a, D8, D10b
- 15 % du total des sédiments D7b et D10a
- 10 % du total des sédiments D9 et D10c

Cette adjonction variable d'argile à un limon d'origine éolienne ne peut être que locale, soit d'une argile provenant de l'altération des schistes frasniens, soit d'une argile résiduelle de dissolution des calcaires.

L'origine externe du limon est confirmée par l'existence d'un pourcentage de sable fin (entre 50 et 100 microns) parfois assez important :

13 % dans 10a (sédiment tapissant le fond de la grotte).

12 % dans 9

10 % dans 7a, 7b et 10c

7 % dans 8, qui est par ailleurs le sédiment le plus riche en argile. Malgré ces faibles divergences, les sept courbes représentées sur le diagramme 2 gardent dans la fraction de 20 à 60 microns l'allure redressée propre aux limons éoliens. Le mode apparaît également sur l'histogramme b du diagramme 4.

2. *Analyse des sédiments de la coupe F.*

Les analyses granulométriques démontrent ici aussi l'existence de deux types de sédiments.

Les courbes cumulatives (diagramme 3) concernant les sédiments 5, 7a et 7b affectent une allure redressée pour la zone représentant la fraction graveleuse et sableuse. Les limons et les argiles sont absents. Le classement est relativement bon, l'aplatissement des cailloux (étudié plus loin) et leur disposition dans l'affleurement nous amènent à postuler pour ces dépôts une origine fluviatile (diagramme 4c).

Les couches de la partie supérieure (4a et 4b) sont formées de sédiments beaucoup moins bien classés. Il s'agit ici d'un mélange de cailloux fluviatiles et de limon éolien. La fraction du silt fin (inférieur à 20 microns) et l'argile y occupent jusqu'à 40 % du total du sédiment.

B. COMPOSITION LITHOLOGIQUE ET MORPHOSCOPIE DES SABLES.

C'est dans les sondages D, F et H qu'ont été prélevés des

échantillons destinés à l'examen morphoscopique. Cet examen a été pratiqué sur des grains de 300 à 800 microns. Il a fait apparaître deux types de dépôts : le premier, constitué de grains de calcaire provenant des roches locales et l'autre, allogène, constitué de débris de roches n'existant pas à l'intérieur de la grotte, et ayant manifestement accompli un long trajet.

1. *Les dépôts essentiellement autochtones :*

Le sondage D a fourni uniquement des dépôts autochtones. Les couches 1 et 3, trop superficielles et trop susceptibles d'avoir été remaniées, n'ont pas été étudiées. Les couches 7 à 10 comportent chacune entre 0 et 3 % de grains de la dimension des sables et n'ont donc pu être étudiées à cet égard.

Les couches 4 à 6 ont donné les résultats suivants :

couche 4 : la fraction de 300 à 800 microns est essentiellement constituée de débris de roche calcaire et de veines de calcite ; les grains de grès et de quartz y sont très rares. Plus de 95 % des grains de calcaire sont «non usés» (non émoussés par un transport quelconque), simplement cassés ; quelques grains présentent un faible émoussé dû à la corrosion ; les grains de calcite n'ont subi aucun émoussé. Les rares grains de grès et de quartz sont par contre émoussés et représentent une fraction allogène très faible.

couche 5b : outre des grains de calcaire, ni usés ni corrodés, la couche présente des débris de concrétions sur lesquels un peu de calcite s'est reprécipitée après la destruction des concrétions.

couche 5a : aux débris de calcaire, tous «non usés», s'ajoutent ici parmi les grains de 300 à 800 microns, des particules argileuses, fines plaquettes de 50 à 200 microns seulement d'épaisseur ; l'origine de l'argile dans ce dépôt a été discutée plus haut, dans le paragraphe consacré aux analyses granulométriques.

couche 6 : les débris calcaires, qui constituent 90 % de la fraction granulométrique ici étudiée, y sont tous «non usés», tandis que les 10 % restants sont essentiellement constitués de grains de grès assez peu émoussés mais présentant une désagrégation plus avancée que la fraction allogène correspondante de la couche 4.

La plus grande partie du matériel qui vient d'être décrit

provient indubitablement du bris des roches locales, bris causé soit par la chute des blocs, soit par l'action du gel ; ces deux causes sont probablement liées, le gel pouvant provoquer la chute de blocs du plafond et pouvant s'exercer encore, plus tard, sur des éléments déjà tombés.

2. *Les dépôts essentiellement allogènes :*

Dans les sondages F et H, huit échantillons de la fraction 300-800 microns ont pu être étudiés au point de vue qui nous occupe ici. Ce sont, en F, les échantillons 4b, 4a, 5, 7b et 7a, et, en H, les échantillons 1,10b et 10a.

Tous ont fourni un matériel semblable : grès et psammites surtout (toujours au moins 75 % de l'ensemble), un peu de calcite, peu de quartz et quelques grains d'hématite ou de limonite. Dans tous les échantillons, les grains de grès et de psammite sont émoussés (souvent assez grossièrement) ; la calcite consiste généralement en débris de concrétions irréguliers, tombés sur place et non usés ; les quartz sont émoussés et luisants. Ces caractères montrent que le matériel a été transporté par l'eau courante. Ceci confirme notre interprétation générale de ces dépôts comme sédiments fluviaux. Une nuance peut être décelée dans le fait que le sédiment F5 comporte des grains un peu plus émoussés que F 4a et b, et que les grains de F 7 sont encore un peu plus émoussés. C'est donc le sédiment F 7 qui a le caractère fluvial le mieux marqué, ce qui ne fait qu'appuyer l'observation de terrain (voir plus haut la description générale du sondage F).

C. MORPHOMÉTRIE DES GALETS.

Parmi toutes les mesures qui peuvent être effectuées sur la forme de la fraction caillouteuse du sédiment, nous n'envisagerons ici que l'indice d'aplatissement de Cailleux et Tricart. Cet indice est égal à

$$\frac{L + l}{2e}$$

où L représente la longueur, l la largeur et e l'épaisseur du

caillou, ces trois dimensions étant conventionnellement toutes perpendiculaires les unes aux autres.

Nous sommes conduit à présenter ici les résultats globaux des mesures statistiques d'aplatissement parce que deux types très différents de cailloux présentaient, dans les sondages étudiés, un aplatissement remarquable.

1. Les débris calcaires plats du sondage D :

Les couches 4 et 6 du sondage D sont essentiellement constituées de débris calcaires entre lesquels la matrice est très peu abondante et est loin de combler tous les vides entre les éléments grossiers. Les débris sont très anguleux, non émoussés du tout. Les mesures d'aplatissement des cailloux de largeur comprise entre 30 et 60 mm ont donné 4,8 dans la couche 4 et 3,0 dans la couche 6. Cet aplatissement important est certes en relation avec l'action de la gélifraction qui donne des débris dont l'indice d'aplatissement est, dans les cas typiques, compris entre 3 et 5, ce qui est exactement le cas ici.

2. Les cailloux plats du sondage F :

Le sondage F, dans la Galerie du Précipice, a montré la présence de sédiments transportés en eau courante (voir description générale du sondage, analyses granulométriques et étude lithologique et morphoscopique des sables). Parmi ces sédiments, ceux dont le caractère fluvial est le plus pur sont ceux de la couche 7 (voir fig. 12). Les cailloux roulés de cette couche sont essentiellement des grès et des psammites, et également des quartzites et des quartz. Les cailloux des différentes natures présentent tous un aplatissement remarquable, comme le montrent les chiffres suivants :

<i>Échantillon</i>	<i>Classe granulométrique</i>	<i>Indice d'aplatissement</i>
7 a	26,5 à 80 mm	5,0
	18,5 à 26,5 mm	3,7
	13,4 à 18,5 mm	3,6
	8 à 13,4 mm	3,2
7 b	18,5 à 26,5 mm	4,0
	13,4 à 18,5 mm	4,0
	8 à 13,4 mm	3,0

La couche 7 posait un problème du fait que les cailloux ne peuvent provenir que de l'amont de la rivière, mais que dans cette direction existe un siphon de près de 9 m de creux qui a dû être franchi et dont la branche située vers l'aval a dû être remontée le long d'une pente de plus de 30° par les cailloux (fig. 4). Le fort indice d'aplatissement montre que l'obstacle n'a pu être franchi que par les cailloux offrant une grande «surface portante» par rapport à leur volume, et l'observation des différentes classes granulométriques dans le tableau ci-dessus montre que l'aplatissement devait être d'autant plus fort que le caillou était volumineux. Ces conditions sont évidemment indépendantes de la nature lithologique des cailloux.

D. MINÉRAUX DENSES par E. JUVIGNÉ.

Les minéraux denses ont été recueillis et étudiés dans les échantillons suivants : A₃, A₆, D_{5a}, D_{5b}, D₆, D_{7b}, D₈, D₉, D_{10a}, D_{10b}, D_{10c}, F_{4a}, F_{4b}, F₅, F_{7a}, F_{7b}, F₈, F₉, H₁, H₂, H₇, H₁₀, et en outre dans des dépôts du lit actuel de la rivière souterraine.

Dans tous les échantillons, nous avons observé les associations suivantes :

- 1) celle des loess, avec notamment l'épidote, la hornblende verte et le grenat ;
- 2) des ubiquistes d'origine locale ;
- 3) des poussières volcaniques, avec notamment l'enstatite, l'augite et la hornblende basaltique.

La présence simultanée, dans tous les échantillons étudiés, de ces trois associations, indique l'origine allogène (et donc, en tout état de cause, extérieure à la grotte) des sédiments recueillis.

Parmi ces associations, les poussières volcaniques nous renseignent sur la période de mise en place des dépôts. En effet, à la suite des travaux de Gullentops (1954) et de Bastin (1971), nous pensons que l'éruption qui amené ces cendres a eu lieu juste avant le premier interstade du Würm, Amersfoort-Brørup (Bastin, Juvigné, Pissart et Thorez, 1972).

En conséquence, les dépôts dont nous avons étudié des échantillons (A 4 à 6, D 5 à 10, F 4 à 9, H 1 à 10) nous paraissent s'être mis en place après ce premier interstade du Würm.

D'autre part, et aux fins de comparaison, nous avons effectué des prélèvements dans des basses terrasses de l'Ourthe (à l'aval de la grotte de Remouchamps), à Chênée. Les altitudes relatives des dépôts étudiés (par rapport au sommet de la plaine alluviale) sont les suivantes :

1. 8,50 (sommet) à 6,20 m (base) : 6 échantillons.
2. 5,00 (sommet) à 3,50 m (base) : 2 échantillons.
3. 2,00 à 3,00 m (sommet et base non observés) : 2 échantillons.
4. 0,00 à -4,00 m dans la plaine alluviale : 8 échantillons.

Parmi ces échantillons, seuls ceux de la plaine alluviale contenaient des cendres volcaniques, et notamment de l'enstatite.

4. Conclusions

Les sondages effectués sous l'égide du Centre interdisciplinaire de Recherches archéologiques nous fournissent des renseignements précieux qui s'étendent, dans la partie aval de l'étage supérieur de la Grotte de Remouchamps, à trois secteurs bien différenciés mais entre lesquels certains liens peuvent être établis. Il s'agit successivement de la salle d'entrée, puis du couloir qui, de cette salle, mène sous le nom de Galerie du Précipice vers l'ancien grand siphon de la grotte (fig. 4), et enfin du bief situé dans l'étage supérieur immédiatement en amont du grand siphon.

Parmi les neuf sondages effectués, à ces trois secteurs correspondent essentiellement les sondages D, F et H. Ces sondages montrent qu'on peut considérer, en gros, que trois types principaux de dépôts se partagent l'espace étudié. Ce sont, par ordre chronologique, les dépôts fluviatiles, les limons d'origine éolienne et le matériel gélifracté de l'entrée.

Nous nous limiterons ici aux traits essentiels de cette succession de dépôts pour en dégager les grandes lignes de l'évolution de remplissage, négligeant de nombreux accidents sédimentologiques sur lesquels nous reviendrons en détail dans une publication ultérieure.

1. Un cours d'eau puissant a tout d'abord accumulé des sédiments nettement fluviatiles, surtout des cailloux roulés et des sables, dont les vestiges s'observent en amont et en aval de

l'ancien grand siphon du Précipice, mais ne se retrouvent plus dans la salle d'entrée. Si les cailloux ont un aspect fluviatile normal en amont du grand siphon, ils ont par contre, à l'aval de celui-ci un aplatissement remarquable (indice compris entre 3 et 5, pour sept échantillons statistiques). Nous considérons qu'il s'agit là d'une condition nécessaire au franchissement du siphon (voir plus haut, 3, c).

Quelques gros cailloux peu aplatis se retrouvent très localement au-dessus de ce dépôt (sondage F, couche 5) ; ils ont dû être entraînés à partir de la salle d'entrée et venir *en direction inverse* du courant principal. Ceci est rendu possible par l'existence d'une contre-pente (fig. 4). Ensuite, un petit plancher stalagmitique, probablement développé dans une petite mare, a scellé le dépôt, témoignant d'un changement de régime hydrologique (diminution et arrêt temporaire des apports d'eau courante, précédant de peu l'arrêt définitif marqué par le sommet de la couche 4 du sondage F).

2. Des apports de limon d'origine éolienne ont succédé aux graviers et aux sables. Bien que de tels apports existassent déjà dans les cailloutis et les sables fluviatiles, ils ne sont devenus importants qu'après l'arrêt des grands courants d'eau. C'est probablement le ruissellement qui les a mis en place dans la grotte. Les analyses de E. Juvigné montrent que ces limons éoliens sont würmiens, et doivent dater d'après le premier interstade (Amersfoort-Brørup). Ces limons ne s'observent que mélangés à d'importantes fractions grossières (fluviatiles) dans le secteur amont, mais se présentent avec une pureté assez grande dans la salle d'entrée.

3. Les dépôts de limon furent, dans la salle d'entrée, interrompus par une période de cryoclastie : des débris gélifractés, tombés du plafond, s'accumulèrent sur le sol (sondage D, couche 6). Puis, peu à peu, la gélifraction perdit de l'intensité tandis que reprenaient les arrivées de limon éolien, mis en place dans la grotte par le ruissellement comme en témoignent les fractions sableuse et argileuse qui s'y mêlent. Une nouvelle et dernière vague de cryoclastie fit tomber de nombreux débris du plafond de la grotte : ces débris continuèrent à subir, sur le sol, les alternances de gel et de dégel, et les arrivées de limon cessèrent pratiquement. C'est dans la caillasse gélifractée de cette époque

qu'a été découvert le matériel lithique ahrensbourgien étudié par M. Dewez dans la suite du présent ouvrage. Après l'arrivée de ce matériel dans la grotte, une période de concrétionnement, menant à la construction de petits planchers stalagmitiques et à l'ébauche de stalagmites est le dernier fait physique important.

Des dépôts fins divers, mais de peu d'épaisseur, se sont cependant encore produits et ont été signalés dans nos descriptions. Enfin, des apports anthropiques récents ont fortement altéré l'aspect du sommet des sondages.

Un dernier point reste à signaler : l'âge würmien attribué plus haut par E. Juvigné à l'ensemble des échantillons étudiés par lui oblige à considérer que l'étage supérieur de la Grotte de Remouchamps a encore fonctionné comme exutoire d'une rivière souterraine durant une partie du Würm.

Comme, à cette époque, la galerie inférieure avait certes déjà été creusée par l'eau, l'explication la plus plausible de la remise en fonctionnement de l'étage supérieur est l'obstruction des passages inférieurs. Cette fermeture peut être due, par exemple, à de la glace bouchant les exutoires et provoquant une accumulation de sédiments en amont.

OUVRAGES CITÉS

BASTIN, B.

- 1971 Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation du Würm.
Acta Geographica Lovaniensa, 9, 136 p.

BASTIN, B., E. JUVIGNÉ, A. PISSART et J. THOREZ

- 1972 La vallée de la Soor (Hautes Fagnes). Compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971.
In : Symposium international de Géomorphologie consacré à l'étude des processus périglaciaires; Première partie : 295-321.

CAILLEUX, A. et J. TRICART

- 1959 Initiation à l'étude des sables et des galets. Paris, 2 vol.

GULLENTOPS F.

- 1954 Contributions à la chronologie du Pléistocène et des formes de relief en Belgique.
Mémoires de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain, 18 : 123-252.

Adresse des auteurs : Laboratoire de Géologie et Géographie physique de l'Université
place du 20-août, 7,
B 4000 Liège.