

ÉTUDE DES SÉDIMENTS À L'ENTRÉE DU GOUFFRE DE BELVAUX (GROTTES DE HAN-SUR-LESSE, PROV. DE NAMUR)

J.M. DRICOT

(Laboratoire de Géographie physique — Université catholique de Louvain)

RÉSUMÉ. Par une étude morphologique, géologique et sédimentologique nous pouvons démontrer que le gouffre de Belvaux, par lequel la Lesse pénètre dans la grotte de Han, fonctionnait déjà pendant l'Eemien. Le gouffre a été bloqué au Würm par un apport excessif de sédiments et un lac s'y est installé, tandis que la Lesse réempruntait son ancienne vallée sèche, la Chavée.

Durant l'Holocène seulement et probablement très récemment, la Lesse a retrouvé l'ancien gouffre et fait réapparaître son ancien profil en érodant le remblaiement.

ZUSAMMENFASSUNG. Ein Studium der Morphologie, Geologie sowie der Ablagerungen erlaubte es uns zu beweisen, daß der Schacht von Belvaux (Provinz Namur), durch den die Lesse in die „Grottes de Han“ fließt, schon im Eemien in Tätigkeit war. Der Schacht wurde in der Würm durch eine übermäßige Ablagerung blockiert und an seiner Stelle bildete sich ein See, während die Lesse wieder durch ihr altes wasserloses Tal, die Chavée, floß.

Erst in der Neuzeit und sogar wahrscheinlich vor ganz kurzem, hat die Lesse den alten Schacht wieder gefunden und durch Abtragung der Ablagerungen ihr altes Profil wieder an den Tag gelegt.

1. Introduction

A. Le site (fig. 1)

A la sortie du village de Belvaux, la Lesse s'élançait au travers d'une cluse sur le massif de Boine qu'elle a percé et qu'elle anime toujours pour le plaisir des touristes des grottes de Han-sur-Lesse.

A l'entrée de la cluse, la berge droite de la rivière rogne une paroi calcaire, tandis que la berge gauche est formée par l'encaissement dans une basse terrasse composée de 2 à 3 m de gros cailloux roulés de quartzite. La rivière coule ensuite sur des bancs de calcaire qu'elle entaille vigoureusement au lieu-dit des Rapides, caractérisé par une augmentation de la déclivité du profil d'équilibre, comme en fait foi le courant accéléré, d'où le nom des « Rapides ».

Dès cet endroit et jusqu'au gouffre de Belvaux situé à 435 m, la Lesse s'écoule dans

un petit canyon entre deux berges à pentes quasi verticales de 6 à 8 m de haut, la droite limoneuse, la gauche graveleuse, puis limoneuse.

Le gouffre de Belvaux a une allure bien particulière. Les bancs de calcaire givétien massif, inclinés vers l'intérieur du Massif, y forment un surplomb géant reposant sur un pilier d'ailleurs très fissuré. Cette disposition forme un entonnoir incliné dont le sommet se situe à l'altitude de la plaine alluviale de la Chavée (photo 1). La profondeur de cet entonnoir est de 8 m et à cette altitude peut se situer le niveau de base local de la Lesse.

Le gouffre peut absorber un débit de 25 m³/sec. En période de crue, la rivière déborde son petit canyon et reprend son cours dans le méandre dit de la Chavée, où elle retrouve d'anciens chantoirs tel le trou d'Enfaule dont la capacité maximum est de 15 m³/sec. (d'après 1939 et 1910).

Le trajet de la Lesse depuis les « Rapides »



Photo 1

jusqu'au au gouffre présente les caractères d'un creusement récent ainsi qu'en témoigne la fraîcheur des berges. Cet encaissement se fait dans une épaisseur considérable de dépôts meubles et n'est arrêté à l'amont que par les bancs de calcaire des Rapides. Cette épaisseur locale et anormale posait un problème. En étudiant leur origine, leur âge et les conditions de leur dépôt on pouvait espérer contribuer à résoudre l'histoire du fonctionnement de gouffre de Belvaux.

B. La littérature

On peut classer en trois domaines les études faites sur la région de Han-sur-Lesse. Le premier étudie l'aspect karstique de la région; mentionnons l'ouvrage de VAN DEN BROECK, MARTEL et RAHIR: Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique (1910) et celui de KAISIN et de PIERPONT sur l'« Hydrogéologie des calcaires de la Belgique (1939). Le second concerne l'archéologie; citons les fouilles de DE PIERPONT (1904) et celles en cours de Monsieur MARIËN (1961). Le troisième relève de l'observation des différentes terrasses de

la Lesse que VAN DE POEL (1954, 1960) et d'un point de vue plus vaste et plus précis Monsieur MACAR et son école ont largement étudiées (1957).

Mais ces trois aspects ne nous apportent aucune indication pour le problème envisagé. Seulement VAN DEN BROECK, MARTEL et RAHIR (1910) laissent supposer que le fonctionnement du gouffre est récent.

2. L'étude sur le terrain

A. Observations

Sur les 435 m, cinq coupes ont été dégagées, numérotées en chiffres romains et situées sur la fig. 1. Quatre se situent sur la rive droite, plus accessible et plus fraîche par suite de l'érosion latérale de la Lesse; elles s'échelonnent de I, coupe établie immédiatement à côté du pilier du gouffre, jusqu'en III B, au-dessus des « Rapides ». Une coupe IV se trouve sur la rive gauche.

Toutes ces coupes ont été reportées sur un profil (fig. 2) dont la base est le niveau de la

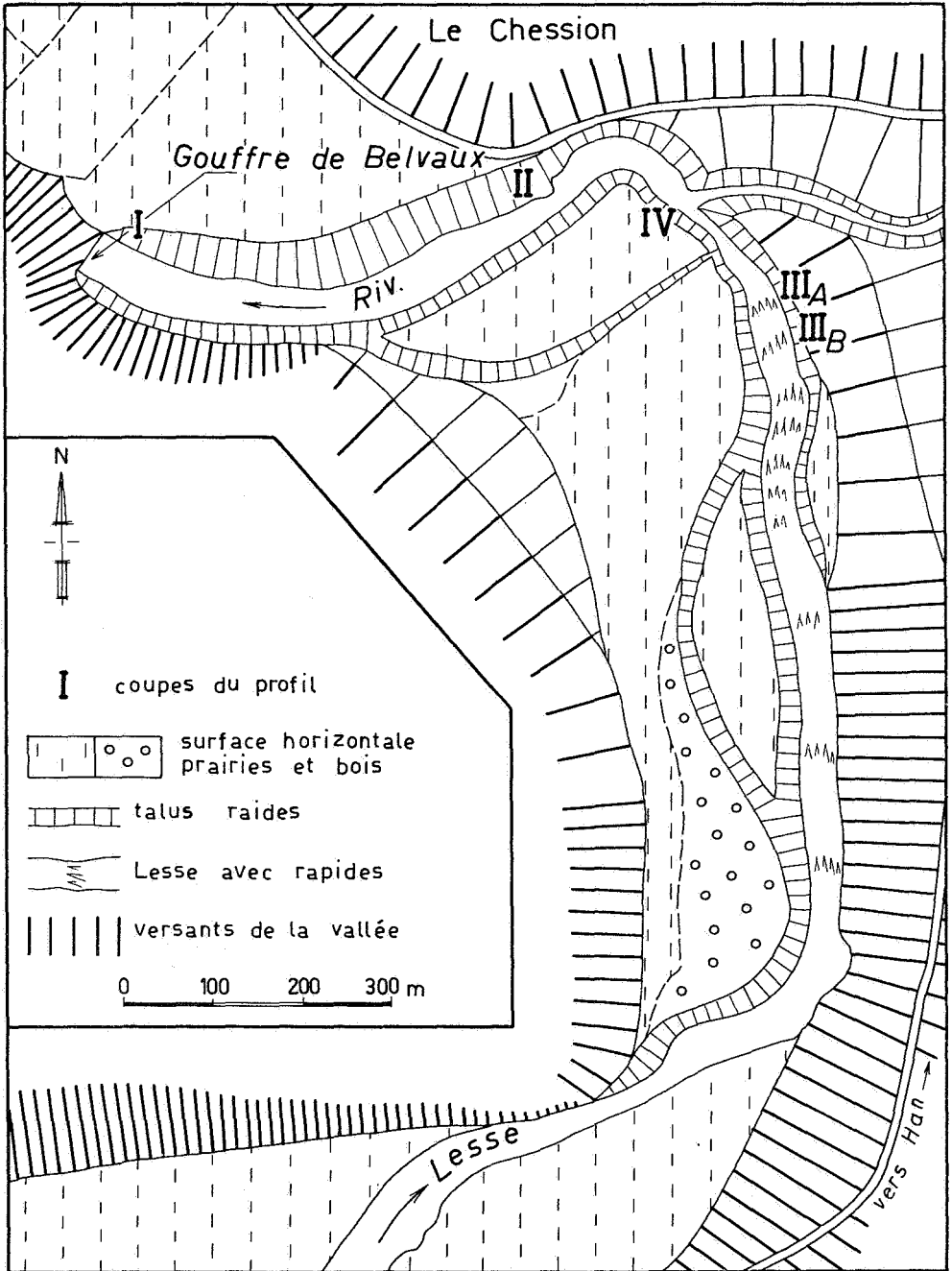
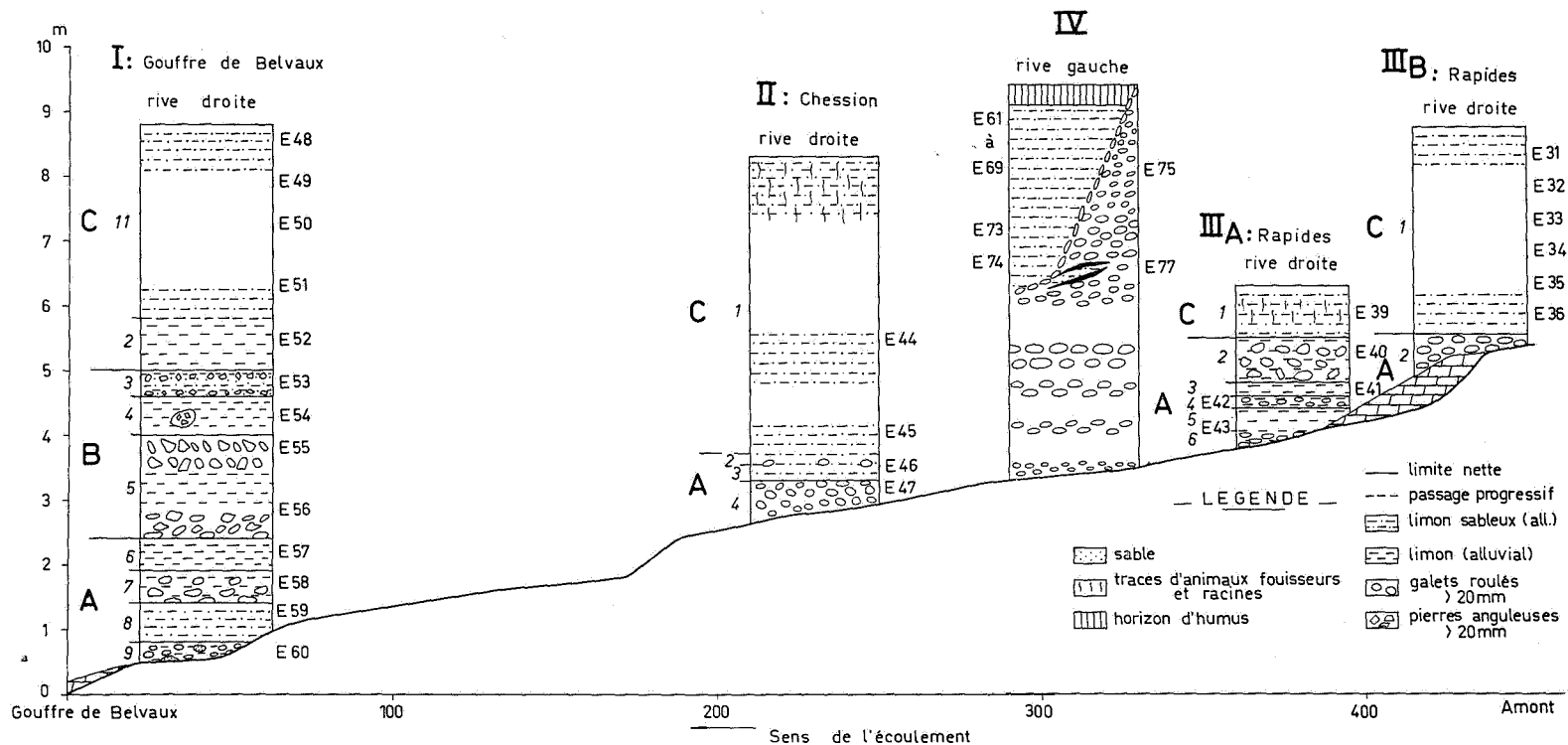


Fig. 1



Lesse et qui fut levé à l'aide du niveau d'Abney et de jalons centimétriques.

La coupe I est la plus complète et la plus importante. Elle comporte de haut en bas :
1 et 2: 3,80 m de limon brun à brun jaunâtre homogène, avec traces de vers et de racines (broussailles et graminées) — 10 YR 3/2 — 10 YR 5/4, 5/3¹,

3: 0,40 m de cailloutis calcaire dans une matrice de limon sableux brun jaunâtre 10 YR 4/4-5/4.

Les cailloux sont de petits fragments plats, anguleux.

À la base, nombre de ces cailloux sont fichés, redressés sur la tranche fine, dans le limon. Au sommet le cailloutis devient très fin et latéralement il passe à du limon.

4: 0,60 m de limon brun jaunâtre sans cailloux, sauf une lentille de petits cailloutis calcaires. 10 YR 4/4-5/4,

5: 1,60 m de cailloux de calcaire corrodé et de quartzites roulés dans une matrice de limon brun jaunâtre 10 YR 4/4, 3/4-5/4.

À la base les cailloux sont fortement inclinés vers le sud, l'inclinaison dépassant celle des galets fluviatiles orientés. Au sommet les grands axes (plus de 7,5 cm) sont nettement verticaux,

6: 0,50 m de limon brun jaunâtre sans cailloux 10 YR 3/4-5/4,

7: 0,50 m de gros cailloux de quartzites roulés et de calcaire corrodé, en couches discontinues.

Les galets sont lités horizontalement ou faiblement inclinés dans le sens du courant, le sommet vers l'aval, et légèrement redressés; la matrice est de limon brun jaunâtre

10 YR 4/4, 3/4-5/4,

8: 0,60 m de limon jaunâtre, légèrement sableux 10 YR 4/4, 3/4-5/4,

9: 0,30 m de limon sableux, brun vif, avec cailloux roulés et lentilles sableuses 7, 5 YR 5/6-5/6.

Le bed-rock calcaireux affleure à ce niveau, 1 m à peine en aval.

¹ Détermination des couleurs d'après la Munsell Colour Chart: le premier chiffre indique la teinte du sédiment in situ, le second chiffre séparé du premier par un trait horizontal représente celle du sédiment sec.

Cette coupe I permet de différencier 3 horizons nettement distincts.

Horizon A: à la base, des niveaux 6 à 9: un dépôt fluviatile où alternent des passées caillouteuses et limoneuses et dont la superposition montre un remblaiement fluvial.

Horizon B: au centre, de 5 à 3, comporte de multiples indices de froid.

Les graviers de base de 5 ont subi une poussée venant du sud qui ne peut être due qu'à une solifluction dérangeant un cailloutis fluviatile.

Au sommet, les cailloux redressés indiquent un froid intense. Le grand pourcentage de cailloux calcaires seulement corrodés indiquent également une activité des versants fort importante par gélifraction.

La couche 3 d'ailleurs n'est composée que de petits fragments anguleux, de 1 à 2 cm, qui sont fortement dérangés, redressés, et d'où proviennent les lentilles qui s'enfoncent dans la couche 4.

L'ensemble B montre donc une phase de solifluction avec apport du versant calcaire de blocs éboulés (niveau 5) et de petits fragments ruisselés (niveau 3) qui témoignent d'une phase très froide.

Horizon C: au sommet, présente 3,80 m de limon homogène. Ce dépôt nécessite un milieu de sédimentation calme et une absence de courant fort appréciable par suite du manque de graviers. L'absence de débris calcaires, malgré la juxtaposition de la paroi calcaire, semble indiquer une disparition des conditions de gélifraction.

La coupe II se compose de haut en bas:

1: 4,60 m de limon sableux brun, homogène 10YR 3/4-5/3.

2: 0,20 m de galets de quartzites roulés, peu nombreux, en lit non continu, dans une matrice limoneuse,

3: 0,20 m de limon sableux brun, homogène, sans cailloux,

4: 0,50 m de galets roulés en quartzite, orientés dans le sens de la rivière, c'est-à-dire reposant à plat, la partie avale étant éventuellement très légèrement redressée.

Le bed-rock calcaireux affleure à 30 cm en amont.

Les trois derniers niveaux — 2 à 4 — montrent une alternance de poussées limoneuses et caillouteuses. Ils sont semblables à l'horizon A et d'origine nettement fluvatile.

Le niveau 1 est en tout point semblable à l'horizon C de la coupe I, au gouffre. L'horizon B, à fort indice de froid, manque. Ceci peut s'expliquer par l'éloignement du versant Sud. Par contre, le versant Nord du Massif dit du Chessin, accolé par l'amont à cette coupe II, a donné un éboulis de gravité sur un front de 30 m. Il se compose de blocs et de plaquettes de calcaire crinoïdique anguleux et corrodés qui s'étalent selon une pente de 28° à 30°, les éléments les plus grossiers, se retrouvant très généralement au bas du versant, dans le lit de la Lesse.

Nous interprétons cet éboulis comme témoignage de la même période froide que l'horizon B de la coupe I.

La coupe III_A, se décrit comme suit, de haut en bas :

1: 0,80 m de limon sableux, légèrement jaunâtre, avec traces de racines et d'animaux fousseurs; 10 YR 4/4-5/4, 5/3,

2: 0,70 m de limon sableux, brun jaunâtre, à cailloux de quartzite roulés et de calcaire corrodés, dans la proportion de 3 quartzites pour 1 calcaire. Le cailloutis est orienté conformément au sens d'écoulement de la rivière; 10 YR 3/4-4/4, 5/4,

3: 0,20 m de limon brun jaunâtre, sans cailloux; 10 YR 4/4-5/4, 6/4,

4: 0,20 m de gros blocs de calcaire corrodés et de quartzite roulés, allongés dans le sens de la rivière; 10 YR 3/4-5/3, 5/4,

5: 0,40 m de limon sableux, brun jaunâtre, légèrement sableux; 10 YR 3/4-5/3, 5/4,

6: au niveau de la Lesse à basses eaux, lit de galets quartzitiques roulés.

Le calcaire en place affleure à 2 m en amont au bord de l'eau.

A la base, les graviers quartzitiques montrent les mêmes caractéristiques que l'horizon A de I; vers le sommet, l'augmentation des blocs calcaires indique une importante activité de versants froide sans que nous ayons pu relever des indices de solifluction. Ils sont surmontés par le limon 1 qui se

présente comme celui de l'horizon C.

Coupe III_B.

Exactement aux « Rapides », la Lesse actuelle creuse, en érosion vigoureuse, 1,50 m dans le bed-rock calcaireux. Le sommet de ce calcaire est raboté horizontalement et présente de belles marmites hors d'atteinte des eaux actuelles. Il s'agit donc d'un ancien lit de la Lesse, rajeuni actuellement.

Au-dessus de ce fond rocheux nous avons déblayé la coupe III_B.

De haut en bas :

1. 3,60 m de limon sableux, homogène; 10 YR 4/3, 4/4-5/3, 5/4,

2. 0,30 m de galets en quartzite roulés et en calcaire corrodés, en raison de 3 quartzites pour 1 calcaire, dans une matrice de limon sableux brun jaunâtre; 10 YR 3/4, 4/4-5/4.

Le gravier de base se prolonge et s'identifie avec le niveau A de la coupe III_A, tandis que les limons supérieurs restent égaux à l'horizon C.

Coupe IV, sur la rive gauche.

Sur l'autre rive, une coupe IV, unique, a pu être déblayée. Elle montre une disposition complètement différente.

A l'amont cette coupe est constituée de graviers très quartzitiques et de débris schisteux. A la base les graviers sont plutôt petits jusqu'à 10 cm; leur taille augmente progressivement vers le haut pour atteindre à 4 m une dimension de 30 cm environ. Au sommet le calibre diminue. Ils sont plus ou moins lités, les blocs les plus gros étant nettement lités, selon une pente de 10° à 15° vers l'aval. Tous les galets sont orientés dans le sens du courant, légèrement inclinés vers la paroi. Dans cet amas, nous avons repéré entre 3 et 4 m 1 section de quelques galets redressés, formant une espèce de triangle de 20 cm de haut, suffisamment éloignés des gros blocs pour ne pas établir une relation entre le dépôt de ces blocs et ces galets redressés. Au milieu de ce dépôt existe un lit coloré vivement ocre et noir avec des concrétions manganésifères ou ferrugineuses très dures.

Latéralement ce dépôt s'arrête brusquement avec une pente de 52°, diminuant à la base jusqu'à 22°. Un lit de graviers à plat suivant

cette pente forme une discontinuité nette. Accolé à ce lit, repose un limon homogène, épais de 3 m. A la base ce limon est légèrement grossier.

L'épaisseur considérable de ce gravier quartzitique montre un remblaiement très actif de la Lesse. Les graviers à matrice minime indiquent un dépôt rapide et le gros calibre une grande capacité de la Lesse. Comparé avec la Lesse actuelle, il faudrait un débit d'eau bien supérieur.

Le concrétionnement manganésifère ou ferrugineux correspond à une nappe phréatique supérieure au niveau du gouffre. Le dépôt est suivi par une reprise d'érosion qui entame une berge très inclinée s'effondre pour donner un lit de galets glissés, à plat. L'alluvionnement limoneux s'instaure ensuite.

B. Conclusions partielles

De cette description et discussion, la suite des événements suivants peut être retracée. Une Lesse primitive s'engouffre dans le Trou de Belvaux primitif. Au fur et à mesure que la dissolution approfondit le Gouffre un niveau de base local s'installe, qui se répercute en amont par une érosion de la Lesse en-dessous de son profil d'équilibre normal. Les cailloux de ce niveau ne sont pas très grossiers et peuvent indiquer une Lesse semblable à l'actuelle. Dans une période suivante un alluvionnement important se fait sentir jusqu'au gouffre. Ceci pourrait s'expliquer par une augmentation de capacité. En même temps on observe une activité accrue des versants, faisant augmenter la teneur en blocs calcaires et de nombreux phénomènes de cryoturbation, qui montrent que l'augmentation de capacité coïncidait avec un caractère plus nival du régime de la Lesse dans une période froide.

L'épaisseur considérable du gravier près du gouffre montre que celui-ci est obstrué par l'apport détritique important et il est certain que dans ces conditions le débit du gouffre diminue en-dessous du maximum actuel de 25 m³/sec. A partir du niveau 5 l'apport du versant local par gravité, ruissellement et solifluction doit aider à boucher le gouffre et

l'existence de ces dépôts montre que le courant fluvial avait disparu à l'entrée du gouffre. On peut donc estimer qu'à partir du niveau 5 le gouffre cessa effectivement de fonctionner et la situation exceptionnelle aujourd'hui, l'utilisation de la Chavée, a dû être la règle générale.

Dans ce blocage du gouffre un autre phénomène a pu jouer. On peut se demander en effet si l'eau à 0° de la fonte des neiges ne regelait pas au contact du massif rocheux froid, exposé au Nord, pour former ainsi un bouchon de glace favorisant l'obstruction du gouffre. Les phénomènes froids et l'absence d'une forte altération interglaciaire nous permettent de dater ce blocage de la dernière période froide: le Würm.

Un dépôt de limon homogène achève la sédimentation. Le fait qu'il soit homogène sans intercalation graveleuse indique qu'il s'agit de limon de décantation sédimenté en milieu calme. Ceci n'est explicable que, si après le blocage du gouffre, un lac se crée à l'amont, dans lequel uniquement les limons de suspension se sédimentent.

Puisque ce limon décanté à proximité immédiate de la paroi rocheuse est dépourvu de débris calcaires il faut supposer que l'activité périglaciaire avait cessé et que le remblaiement du lac continuait et s'achevait au début de l'Holocène. A ce moment le gouffre était complètement enfoui sous les sédiments comme on peut encore s'en rendre compte maintenant depuis le sommet de la surface de remblaiement. De ce stade témoigne une boucle de la Lesse qui érode une basse terrasse couverte de solifluctions würmiennes, immédiatement au Sud du gouffre. Cette paroi d'érosion latérale en roches meubles est encore vive et est donc une forme nettement holocène. Il est probable que les autres pertes anciennes de la Lesse dans la Chavée ont subi un sort semblable et qu'au début de l'Holocène une Lesse normale s'écoula dans la méandre actuellement abandonné. Les anciennes pertes de la Lesse rentrèrent progressivement en action et le gouffre de Belvaux fut finalement exhumé.

Au fur et à mesure que l'ancien gouffre de Belvaux était déblayé et s'agrandissait, ces

perles d'aval prenaient une importance moindre jusqu'au stade actuel.

L'ancien niveau de base local du gouffre fut restauré et l'érosion verticale débâta rapidement le petit canyon actuel dans les sédiments de remblaiement. La fraîcheur des parois du canyon atteste de la jeunesse de ce phénomène. L'érosion régressive qui en résulte s'est actuellement arrêtée aux « rapides ».

Chaque fois que le débit dépasse 25 m³/sec, un lac se forme à l'amont du gouffre et le surplus d'eau uniquement chargé de limon en suspension passe dans la Chavée.

Un problème majeur est posé par la coupe IV. L'épaisseur considérable de gravier, la nappe phréatique fossile et la paroi d'érosion nécessitent une succession de remblaiement graveleux, de haute nappe phréatique, de reprise d'érosion et de remblaiement par limon. Soit le gravier représente l'apex du cône de déjection graveleux formé à l'amont dans le lac par suite du blocage du gouffre au Würm, l'érosion étant le résultat de la reprise d'érosion actuelle et le remblaiement le résultat de l'alluvionnement lors des stades de lacs temporaires actuels, soit le gravier représente un dépôt fluviatile de terrasse antérieure aux phénomènes décrits et l'érosion vue dans cette coupe correspondrait à la reprise d'érosion due au premier fonctionnement du gouffre.

3. Analyse des sédiments

Nous avons voulu analyser un nombre d'échantillons de ces coupes afin de voir si les résultats pouvaient infirmer ou confirmer certaines hypothèses formulées à l'aide des observations de terrain.

Les analyses granulométriques ont été effectuées par tamisage et pour les particules inférieures à 32 microns par décantation. La composition en minéraux lourds a été étudiée, pour certains échantillons, dans la fraction comprise entre 175 et 40 microns inclus.

Tous les résultats sont repris dans le tableau. Le chiffre en haut de chaque colonne précédé de la lettre E correspond au numéro de l'échantillon; par ce sigle on peut le localiser sur le schéma (fig. 2).

1. Minéraux lourds

a. Alluvions actuelles.

Comme référence, deux échantillons de la Lesse actuelle ont été pris dans du sable d'inondation (A 4) et dans un dépôt plus grossier de crue (A 5). Cette différence granulométrique a un effet sur le pourcentage en tourmaline et zircon qui décroît pour des sédiments plus fins.

Les gros grenats typiques, les rutiles assez grossièrement arrondis, les chlorites épaisses, les chloritoïdes, les zircons petits ainsi que la tourmaline et l'altérite (non compris dans la pourcentage total), caractérisent la minéralogie de la Lesse actuelle. Les pourcentages sont parfois différents de ceux publiés par MM. TAVERNIER et LARUELLE (1952). Le site échantillonné à Maissin recèle un pourcentage très élevé de grenat par rapport à la tourmaline et au zircon; il était probablement grossier, tandis que Houyet et Gendron-Celles était plus fin, favorisant les minéraux petits comme la tourmaline et le zircon.

Dans ces sables grossiers le minéral typique du loess, l'hornblende verte, manque par suite de sa finesse (GULLENTOPS, 1952). Il faut en conclure que l'épidote rencontré dérive du métamorphisme ardennais. Quelques éléments volcaniques de l'Eifel sont présents.

b. Coupe I du Gouffre de Belvaux (E 48-60).

Remarquons immédiatement que l'échantillon E₆₀ de la base est plus grossier et ressemble aux alluvions actuelles, à l'exception du faible pourcentage de grenats. Déjà la présence de minéraux volcaniques est importante.

Les autres échantillons sont plus fins et caractérisés par l'abondance plus nette de zircons et épidotes et la présence de l'hornblende verte volcanique.

c. Coupe III_A, en aval des « rapides ».

Les deux échantillons se ressemblent si l'on veut bien remarquer que l'échantillon E₄₀, qui contient un peu moins de zircon, quoique plus de tourmaline que l'échantillon E₄₂, appartient à un niveau plus grossier que ce dernier. Ils sont parfaitement comparables aux limons de la coupe I.

d. Coupe IV, sur la rive gauche.

Les deux échantillons de la poche limoneuse sont semblables; eux aussi sont Würmiens ou post-Würmiens, mais leur teneur en épidote est plus faible que celle des échantillons E 48 et E 52.

Les 2 échantillons de dépôt graveleux — pris au-dessus (E₇₅) et en-dessous du lit incliné de gros galets roulés — sont également semblables.

De ces analyses nous pouvons conclure:

1. Tous les échantillons ont un air de famille conféré par la présence des minéraux ardençais.

2. L'hornblende verte est régulièrement présente dans les échantillons limoneux et va de pair avec une augmentation des zircons, anatases et surtout des épidotes. Tous les sédiments ont donc été mis en place pendant ou après le Würm lorsque le loess a été déposé.

3. La présence constante des volcaniques de l'Eifel atteste que tous les dépôts sont plus jeunes que la fin de l'Eemien, où ils ont été retrouvés en Belgique (GULLENTOPS, 1952).

2. Pétrographie

Afin de distinguer les dépôts caillouteux de la coupe IV de ceux de la Lesse actuelle et de ses alluvions en amont des rapides, nous avons compté le pourcentage de schistes, supposant que la présence plus ou moins grande de cette roche fissurable atteste une activité plus ou moins grande des versants.

Tous ces comptages ont été effectués sur des grains compris entre 3,327 mm et 4 mm, afin d'exclure l'influence de granulométries différentes. Deux cents galets ont été comptés pour chaque échantillon.

Dans la coupe IV, le lit de gros galets renferme 36% de schiste, tandis que la Lesse actuelle en contient 35%. Toujours dans cette même coupe, mais 50 cm plus bas que le lit de gros galets, le pourcentage de schistes s'élève à 51%; un échantillon pris à 1 m au-dessus de la Lesse actuelle, dans les alluvions de la basse terrasse de la rive gauche

en amont des rapides, offre un pourcentage fort semblable: 58%.

Il est peut-être trop hardi de vouloir tirer des conclusions de ces quatre analyses en l'absence de points de référence. Il est pourtant remarquable que deux groupes se distinguent nettement. Si on les interprète suivant l'hypothèse formulée le groupe de 51-58% témoignerait d'un climat périglaciaire, le groupe de 35-36%, parmi lequel figure la Lesse actuelle, d'un climat tempéré.

Il en résulterait que dans la coupe IV l'horizon à cailloux redressés serait périglaciaire et que le lit supérieur marquerait déjà la fin de cette influence. Cette coupe pourrait alors être considérée effectivement comme le cône de déjection du lac qui s'est installé devant le gouffre bloqué. La basse terrasse aux rapides serait également périglaciaire.

3. Analyses granulométriques

Nous donnons en tableau les résultats d'analyses de 45 échantillons plus ou moins limoneux des différentes coupes.

Notre but était de discerner à travers ces nombreuses analyses certaines constantes qui pourraient caractériser les sédiments limoneux rencontrés et aider à comprendre leur genèse.

De toutes ces analyses, des courbes granulométriques ont été tracées qui varient toutes entre elles, mais que nous avons finalement groupées en quatre types de sédiments, dont des courbes-types sont reproduites en fig. 3.

Toutes se caractérisent par une carence assez nette de la fraction argileuse qui ne dépasse pas 12%. On peut en conclure que ces limons n'ont pas subi de pédogénèse depuis leur dépôt. Toutes aussi se caractérisent par une montée nette des courbes entre 62 et 15 microns qui correspond à la fraction loessique et qui montre clairement que tous ces sédiments sont Würm ou post-Würm. Lorsque la fraction loessique est assez importante la détermination du mode est possible; il oscille entre 29 et 35 microns. Ces courbes nous montrent que la limite inférieure de 40 microns de nos analyses minéralogiques est insuffisante pour retrouver vraiment la grande masse des minéraux loessiques.

Un nombre de courbes montrent enfin un net mélange d'une fraction sableuse importante qui rend la granulométrie bimodale. Le mode de ce sable se situe entre 250 et 500 microns. C'est le sable fluviatile caractéristique de la Lesse.

Nous interprétons les quatre types de sédiments comme suit.

Les types I et II sont des limons fluviatiles caractéristiques, déposés dans une plaine d'inondation peu importante, avec mélange du sable de saltation au limon de suspension. Le type I, nettement plus grossier, est, soit déposé plus près de la berge, soit déposé par des crues plus puissantes.

Les types III et IV sont des limons presque purs, déposés dans un milieu nettement plus calme, presque sans mélange de sable, celui-ci ayant été décanté antérieurement. Dans le type III ce sable est toujours présent et peut être conçu comme un limon alluvial caractéristique, déposé en conditions calmes, nettement plus loin de la rivière. Le type IV est un limon presque pur, contenant aussi une fraction plus importante de silt très fin et dont le milieu de sédimentation doit être remarquablement calme. Il est frappant que ces limons correspondent au stade de blocage du gouffre et à la situation la plus extrême du lac formé à ce moment.

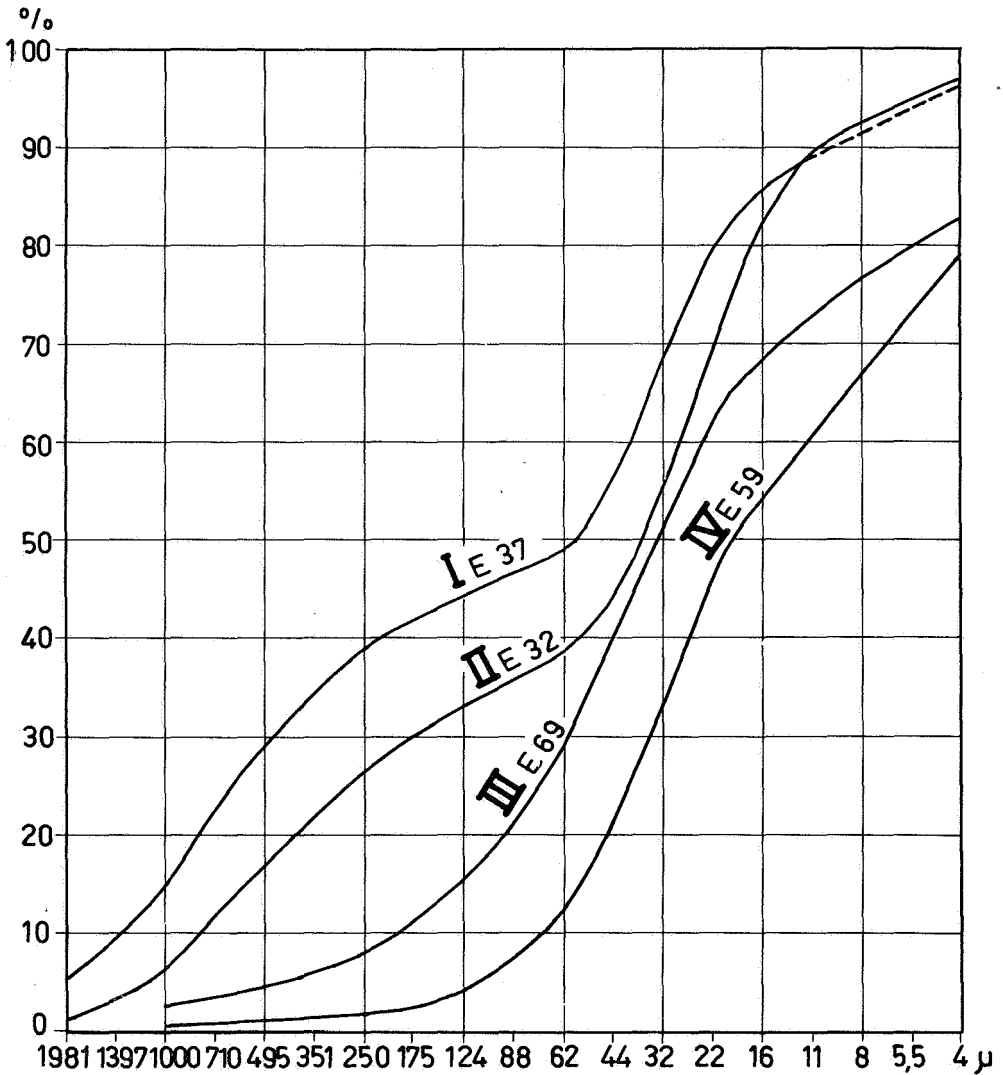


Fig. 3

4. Conclusions

De toutes ces observations et analyses il s'avère évident que le gouffre Belvaux a connu antérieurement déjà une période de fonctionnement suivie d'une phase de remblaiement. Nous proposons la suite des événements suivants :

1. Parmi les pertes de la Lesse dans le flanc du massif de Boine, celle de Belvaux se développe de telle façon qu'elle engloutit la majorité du débit et que la Chavée devient sèche en dehors des grandes crues. Le gouffre de Belvaux devient un niveau de base local qui entraîne une vigoureuse érosion régressive et un enfoncement de la Lesse en un petit canyon de plus de 400 m. Vu la durée nécessaire à cet encaissement dans le calcaire, nous pensons que cette activité du gouffre remonte déjà à l'interglaciaire précédent, Riss-Würm.

2. Au cours du Würm, l'apport considérable de charge grossière de la rivière, les solifluctions et peut-être la congélation de l'eau au contact de la roche diminuent la capacité d'absorption du gouffre et finissent par le bloquer.

3. Un lac s'installe dans le canyon bloqué, tandis que la Lesse reprend son cours normal de la Chavée. Le lac fonctionne comme un bassin de décantation avec un cône de dé-

jection incliné, graveleux à l'amont, et surtout formé de sédiments limoneux à l'aval. Les cryoturbations de ces sédiments et leur composition minéralogique démontrent leur âge würmien.

4. Le lac se remplit finalement au début de l'Holocène, tandis que la rivière retrouve dans la Chavée des pertes anciennes.

5. Finalement la Lesse retrouve aussi le gouffre de Belvaux et ouvre rapidement l'ancien entonnoir. L'ancien niveau de base très déprimé s'installe de nouveau et à l'amont la Lesse restaure son profil Eemien en creusant rapidement un canyon raide dans les sédiments meubles.

Vu la morphologie jeune de ce canyon, nous sommes persuadés que cette remise en fonctionnement est très jeune, plus jeune notamment que l'habitat Le Tène, à la sortie de la Lesse du massif. Ce phénomène a donc changé complètement le fonctionnement de la grotte de Han.

Remerciements

Je suis heureux de pouvoir exprimer ici toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur GULLENTOPS, qui a inspiré, animé et contrôlé ce travail.

TABLEAU I. Analyse des Minéraux lourds.

	Opaque	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Sphène	Grenat	Staurolite	Epidote	Chloritoïde	Augite	Eustatite	Hornblende	Basaltène	Chlorite
A ₄	68	4	18	20	16	1	13	1	5	4	—	—	—	1	17
A ₅	73	1	3	21	15	1	18	—	7	4	1	—	—	2	27
E ₄₀	45	12	28	12	13	2	2	—	13	—	—	1	4	4	10
E ₄₂	63	4	32	9	13	1	2	—	16	—	—	—	4	2	14
E ₄₈	66	6	28	15	22	3	2	1	15	2	—	—	—	1	5
E ₅₂	57	5	28	13	17	1	4	1	21	1	—	—	3	1	5
E ₅₃	64	7	28	13	23	3	5	—	13	1	1	—	3	1	2
E ₅₅	75	7	20	21	25	3	2	—	15	—	—	—	2	1	4
E ₅₉	50	5	17	18	21	—	1	—	17	—	—	—	—	2	18
E ₆₀	59	12	20	10	22	1	1	—	8	1	—	—	—	2	23
E ₆₄	76	10	19	20	28	4	3	—	7	—	—	—	1	2	6
E ₆₇	74	12	33	12	18	6	4	—	7	—	—	—	1	1	6
E ₇₅	68	6	22	20	23	7	6	1	10	—	—	—	—	1	4
E ₇₉	74	4	36	17	20	1	10	—	5	—	—	—	—	2	5

TABLEAU II. Ana lyses granulométriques

	1981	1397	1000	710	495	351	250	175	124	88		62	53	40	32	25	20	15	10	5	2	Mode	Type
E ₃₂	1-80	3-20	6-00	12-00	17-10	22-20	26-50	30-00	33-30	35-80		38-80	42-60	47-80	52-90	83-60	85-70	87-70	90-90	94-80	97-70		II
E ₃₃	3-80	5-50	8-40	14-00	18-30	21-90	24-70	27-40	29-70	31-40		33-50	38-30	42-60	52-40	65-50	71-70	76-10	81-40	88-80	96-70		II
E ₃₄	1-10	2-80	7-30	17-90	25-00	31-40	36-60	41-10	45-20	48-20		51-70	59-80	68-00	74-80	83-90	87-00	89-60	—	—	—		I
E ₃₅	—	0-50	1-70	4-70	9-10	14-30	19-50	25-00	30-60	35-00		40-20	46-80	52-00	60-10	77-50	81-20	84-50	88-10	92-90	94-90	30	II
E ₃₆	—	1-40	3-70	10-20	15-70	20-70	27-00	34-60	41-70	46-30		50-50	58-00	66-20	73-90	80-10	82-80	84-90	88-00	92-40	96-40		I
E ₃₇	5-46	9-10	14-60	22-70	29-50	34-60	38-70	42-00	44-80	46-80		48-60	53-40	58-80	67-40	79-20	83-00	86-10	89-80	—	98-40		I
E ₃₈	10-20	19-00	29-40	41-70	49-50	55-75	60-10	63-50	66-00	67-60		69-00	72-00	75-30	80-30	88-50	90-20	91-60	93-50	96-40	99-11		I
E ₃₉	0-80	1-20	1-70	2-40	3-80	5-90	10-00	16-80	24-80	30-80		37-00	40-60	47-30	57-40	68-80	72-90	74-38	83-50	86-90	93-20	30	II
E ₄₀	4-20	6-20	7-30	8-40	9-50	10-70	13-10	17-05	21-80	25-60		29-80	32-50	40-30	50-60	63-30	68-10	72-10	76-70	86-50	91-60	31	III
E ₄₁	0-90	1-60	2-40	3-00	3-20	3-60	4-50	6-40	10-00	13-20		17-80	23-80	32-60	41-70	58-50	—	—	75-40	83-70	91-10	29,5	III
E ₄₂	4-20	4-80	5-60	6-50	7-70	8-60	9-90	12-20	16-00	19-30		22-70	27-10	47-30	51-90	62-30	67-70	—	78-20	85-90	92-90	30	III
E ₄₃	—	1-10	2-80	5-00	6-70	8-60	11-00	14-90	19-60	23-60		28-10	32-40	38-80	49-50	61-70	62-20	71-00	75-90	83-70	90-40	30	III
E ₄₄	—	—	0-40	1-40	5-00	8-50	11-90	15-30	19-80	24-20		30-30	37-60	48-90	57-70	74-00	78-30	81-70	—	91-90	95-80	33	III
E ₄₅	—	—	1-50	3-10	4-70	6-30	8-00	10-40	14-20	17-80		22-60	27-40	34-00	43-70	69-80	73-00	76-70	81-20	88-90	94-50		III
E ₄₆	—	0-70	1-70	3-70	5-30	7-30	9-30	12-80	17-60	22-20		27-70	33-50	45-60	56-10	—	—	—	—	—	—		III
E ₄₇	—	0-40	2-40	6-20	8-10	10-30	12-50	15-30	19-60	23-50		28-40	33-90	43-30	53-30	73-00	76-50	80-40	84-80	91-00	96-20		III
E ₄₈	—	0-20	1-00	3-50	6-40	8-70	10-70	13-00	16-30	19-80		24-60	33-10	39-30	48-70	70-30	74-60	78-80	83-00	90-30	95-80		III
E ₄₉	—	1-20	4-70	13-00	17-90	21-70	24-80	27-87	31-80	35-60		40-50	48-50	53-90	62-20	81-40	83-60	86-40	89-60	94-30	97-90		II
E ₅₀	—	0-30	1-70	5-40	8-00	10-90	13-20	15-70	19-40	23-40		28-50	35-80	48-60	58-30	74-40	78-40	82-20	87-20	93-90	98-20	34	III
E ₅₁	—	0-20	1-00	4-00	7-10	10-10	12-90	15-50	19-00	22-50		27-50	38-90	48-30	54-30	69-90	75-80	80-00	85-60	93-00	98-10	30	III
E ₅₂	—	—	0-40	1-60	3-00	4-80	6-30	8-00	10-90	14-00		18-50	28-40	41-50	49-50	61-50	72-10	76-20	78-40	87-50	94-10	35	III
E ₅₃	—	2-70	5-60	7-90	9-40	10-90	12-70	15-30	19-20	23-10		28-60	36	49-70	62-00	—	—	—	—	—	—		III
E ₅₄	—	—	0-30	0-50	0-80	1-20	1-80	3-00	5-50	8-40		12-40	18-70	27-00	36-10	54-80	60-70	65-70	72-80	80-90	91-40	29,6	IV
E ₅₅	—	—	0-20	0-30	0-40	0-60	1-00	1-80	3-80	6-50		10-40	14-30	25-70	33-90	49-10	56-30	61-40	68-80	80-40	89-90	30	IV
E ₅₆	—	—	0-10	0-30	0-40	0-50	0-60	1-00	2-30	4-20		7-00	11-10	21-70	29-90	48-60	56-00	61-80	67-80	79-60	90-60	29,6	IV
E ₅₇	—	—	0-10	0-40	0-90	1-30	1-70	2-60	4-50	6-80		10-60	16-60	31-10	41-30	54-10	59-00	63-60	69-80	79-70	90-40	33	IV
E ₅₈	—	—	0-50	0-80	1-00	1-20	1-50	2-40	4-60	7-10		10-90	15-20	24-20	33-40	50-70	56-90	62-00	68-40	78-50	88-60	30	IV
E ₅₉	—	—	1-00	1-15	1-45	1-60	2-00	2-75	4-80	7-40		11-40	16-70	25-90	32-20	43-13	49-20	55-90	63-50	76-00	88-00	31	IV
E ₆₀	—	—	0-60	1-10	2-60	4-00	6-10	10-00	16-60	23-20		30-70	37-00	48-90	56-75	68-00	71-80	75-60	80-70	88-35	95-50	29,5	III
E ₆₁	—	0-60	0-90	1-60	2-70	4-60	7-70	12-40	18-70	24-10		30-20	35-00	44-40	53-30	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₂	—	0-40	0-70	1-10	1-70	3-00	5-40	9-70	15-80	21-80		28-50	33-50	42-40	51-60	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₃	—	—	2-50	3-50	4-30	5-20	6-40	9-10	14-50	19-80		25-70	33-20	38-20	49-40	59-70	63-60	67-80	72-50	80-00	89-50	31,5	III
E ₆₄	—	—	0-50	0-80	2-50	4-40	7-70	13	19-70	25		31-00	35-90	42-00	50-80	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₅	—	—	1-00	1-70	2-80	4-70	8-00	13-30	19-80	25-30		32-10	37-30	45-50	52-80	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₆	—	—	0-90	1-20	1-70	2-40	3-70	6-00	10-50	15-60		23-10	29-40	39-00	49-20	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₇	—	—	3-80	4-20	4-80	5-70	7-20	9-90	14-40	19-60		27-00	31-30	42-65	52-00	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₈	—	2-20	3-00	3-40	4-30	5-30	6-90	9-60	14-20	19-10		26-65	32-60	44-80	53-60	—	—	—	—	—	—		III
E ₆₉	—	—	2-90	3-60	4-50	6-00	8-00	11-20	15-80	21-30		23-30	34-00	42-90	52-00	62-30	65-60	69-60	73-80	80-80	88-10	31	III
E ₇₁	—	—	2-00	2-90	4-00	5-70	8-40	12-40	18-50	25-00		33-60	38-50	45-60	52-10	63-90	—	71-00	75-00	81-50	87-90	30	II
E ₇₃	—	—	1-20	1-90	2-50	3-70	5-80	11-30	20-90	29-50		39-90	46-70	53-40	64-60	68-00	70-70	73-60	77-40	82-80	88-60		II
E ₇₄	—	—	2-90	3-70	4-50	5-70	7-90	13-80	23-80	32-30		41-70	47-20	58-80	60-20	68-80	72-10	74-80	78-50	84-30	89-87		II
E ₇₅	—	10-61	20-50	27-70	32-90	37-00	40-70	44-00	46-80	48-90		50-80	53-30	54-70	56-10	—	—	—	—	—	—		I
E ₇₇	—	—	1-20	1-70	2-20	3-70	7-10	14-70	24-80	32-30		40-00	44-00	49-30	56-90	65-00	68-30	71-20	75-60	81-60	87-80		II
E ₇₉	—	4-60	8-80	13-90	19-60	27-60	36-80	45-10	50-90	54-50		57-80	60-00	62-50	65-70	—	—	—	—	—	—		I

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J. (1957). Les niveaux de terrasses de la Haute Belgique. *Méthodes d'études récentes*. A.S.G.B. T. LXXX, B. 229-B. 315.
- ALEXANDRE, J. (1957). Les terrasses des bassins supérieurs de l'Ourthe et de la Lesse. A.S.G.B. T. LXXX, B. 317-B. 332.
- CAILLEUX et TAYLOR (1954). Cryopédologie. Hermann, Paris, 218 p.
- DELECHAUT, J.M., LAURANT, A. et PISSART, A. (1965-1966). Le remblaiement périglaciaire de fonds de vallons en Ardenne: un dépôt fluvialite compris entre deux dépôts de solifluxion. A.S.G.B. T. LXXXIX. B. 157-B. 174.
- DE PIERPONT, E. (1904). Fouilles et explorations archéologiques de la grotte de Han. Fédération archéologique et historique de Belgique. Congrès organisé par la société archéologique de Namur. pp. 519-522.
- GULLENTOPS, F. (1952). Découverte en Ardenne de minéraux d'origine volcanique de l'Eifel. B.A.R.B. t. 38, pp. 736-740.
- GULLENTOPS, F. (1954). Contribution à la chrono- logie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mémoires de l'Inst. Géolog. de Louvain*. T. XVIII.
- KAISIN, F. et DE PIERPONT, E. (1939). L'hydro- géologie des calcaires de la Belgique. *Revue des Questions scientifiques*: janvier 1939, pp. 62 à 86; mars, 1939, pp. 223 à 263; mai 1939, pp. 402 à 438.
- MACAR, P. (1954). Les terrasses fluviales de la Haute Belgique au Quaternaire. Vaillant-Carmanne, Liège, pp. 591-606; *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*.
- MACAR, P. (1957). Résultats d'ensemble d'études récentes sur les terrasses fluviales et les formes d'érosion associées en Haute Belgique. A.S.G.G. T. LXXX, B. 395-412.
- MARIËN, M.E. (1961). Les vestiges archéologi- ques de la région de la Lesse et Lomme. Des origines aux Mérovingiens. Ardenne et Gaume, *Monographie n° 4*, 72 p.
- SERET, G. (1957). Les terrasses et les formes asso- ciées dans le bassin de la Lesse inférieure. A.S.G.B. T. LXXX, B. 355-B. 378.
- SERET, G. (1963). Échantillon de la carte géomor- phologique de Han-sur-Lesse. *Revue géomorph. dynam.* n° 7, 8, 9. XIV^e année — juillet-août- septembre, pp. 123-128.
- TAVERNIER, R. et LARUELLE, J. (1952). Bijdrage tot de Petrologie van de recente afzettingen van het ardeense Maasbekken. *Natuurwet. Tijdschr.* 34, 1952, pp. 81-98.
- VAN DEN BROECK, E., MARTEL, E.A. et RAHIR, E. (1910). Cavernes et rivières souterraines de la Belgique. Édité par les auteurs, Bruxelles 1910 (2 tomes). Imprimerie Berquenne, 12 rue du Boulet, Bruxelles.
- VAN DE POEL, B. (1954). Géologie et géomorpho- logie de la région du Parc national de Lesse et Lomme. Ardenne et Gaume, *Monographie n° 1*, 57 p.
- VAN DE POEL, B. (1960). Les terrasses du bassin de la Lesse et considérations sur son hydro- graphie. *Mémoires de l'Inst. Géolog. de Louvain*. T. XXI, p. 95-115.

Communication présentée le 21 janvier 1969