

LES TERRASSES DE LA MEUSE DE LIEGE A MAASTRICHT¹

par

Etienne JUVIGNÉ² & François RENARD³

(8 figures)

RESUME.- L'évolution du cours de la Meuse a été retracée entre Liège et Maastricht. De nouveaux lambeaux de terrasses ont été découverts, et un maximum de renseignements sur l'altitude des bases ont été rassemblés. Pour la première fois, des raccords entre lambeaux ont été effectués en considérant l'existence de paléoméandres. Cette méthode a introduit quelques raccords différents de ceux proposés antérieurement. L'attention est attirée sur le fait que des recoupements de grands méandres ont pu déclencher une érosion régressive, et provoquer la formation de certaines terrasses. Le soulèvement de la région de Simpelveld s'est étalé sur la période de formation de la Terrasse de Simpelveld, et s'est poursuivi après l'abandon de celle-ci par la Meuse. Un modèle est proposé pour la capture de la Meuse à l'aval de Liège. Les Hautes Terrasses ont pu être reconstituées sans recourir à l'action des mouvements tectoniques qui ont été invoqués dans des travaux antérieurs. Un schéma chronostratigraphique des terrasses est proposé; il met en évidence un important soulèvement de l'Ardenne pendant le Quaternaire.

ABSTRACT.- The evolution of the course of the Meuse River was reconstructed from Liège to Maastricht. New pieces of terraces were discovered and as much information as possible on the altitudes of terrace bases were collected. For the first time, the correlations of terrace pieces were done taking into account the existence of paleomeanders. That method has introduced new correlations of terraces. Attention is drawn to the fact that cut-off of large meanders has triggered backwards erosion, and consequently terrace formation. The upheaval of the Simpelveld area took place during the period of the Simpelveld Terrace, and continued after this has been abandoned by the Meuse. The capture of the Meuse downwards from Liège was modeled. Correlations of Higher Terraces were done without referring to tectonic movements which were involved in previous publications. A chronostratigraphical model of the terraces is proposed; this shows an important upheaval of the Ardenne during the Quaternary.

1.- INTRODUCTION

Les travaux de Macar (1938, 1957) sur les terrasses de la Meuse à l'aval de Liège ont fait autorité en Belgique pendant un demi siècle.

Récemment, Felder *et al.* (1989) ont publié une carte des terrasses de la Meuse néerlandaise, et l'ont prolongée jusqu'au S de Visé. Ce document introduit plusieurs différences importantes par rapport aux conclusions des travaux précités de Macar.

Dans le présent article, nous discutons de l'évolution générale du cours de la Meuse de Liège jusqu'à Maastricht, sur la base d'un ensemble de travaux de terrain faits par nous (levé de coupes, tranchées, nivellements, sondages sismiques...).

Nos observations sont rassemblées de façon détaillée dans un travail inédit (Renard, 1980). Les rapports de sondages effectués dans toute la région par le Service géologique de Belgique (S.G.B. dans le texte qui suit) et le Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université de Liège, ont aussi été consultés. Le problème des raccords avec les terrasses reconnues dans le Limbourg belge (Paulissen, 1973), et dans le Limbourg néerlandais (Zonneveld, 1957, 1975; Felder *et al.*, 1989) est aussi abordé.

1. *Accepté en novembre 1991.*

2. *F.N.R.S., Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Place du Vingt-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique.*

3. *Place du Centre, 1, B-4183, Xhoris, Belgique.*

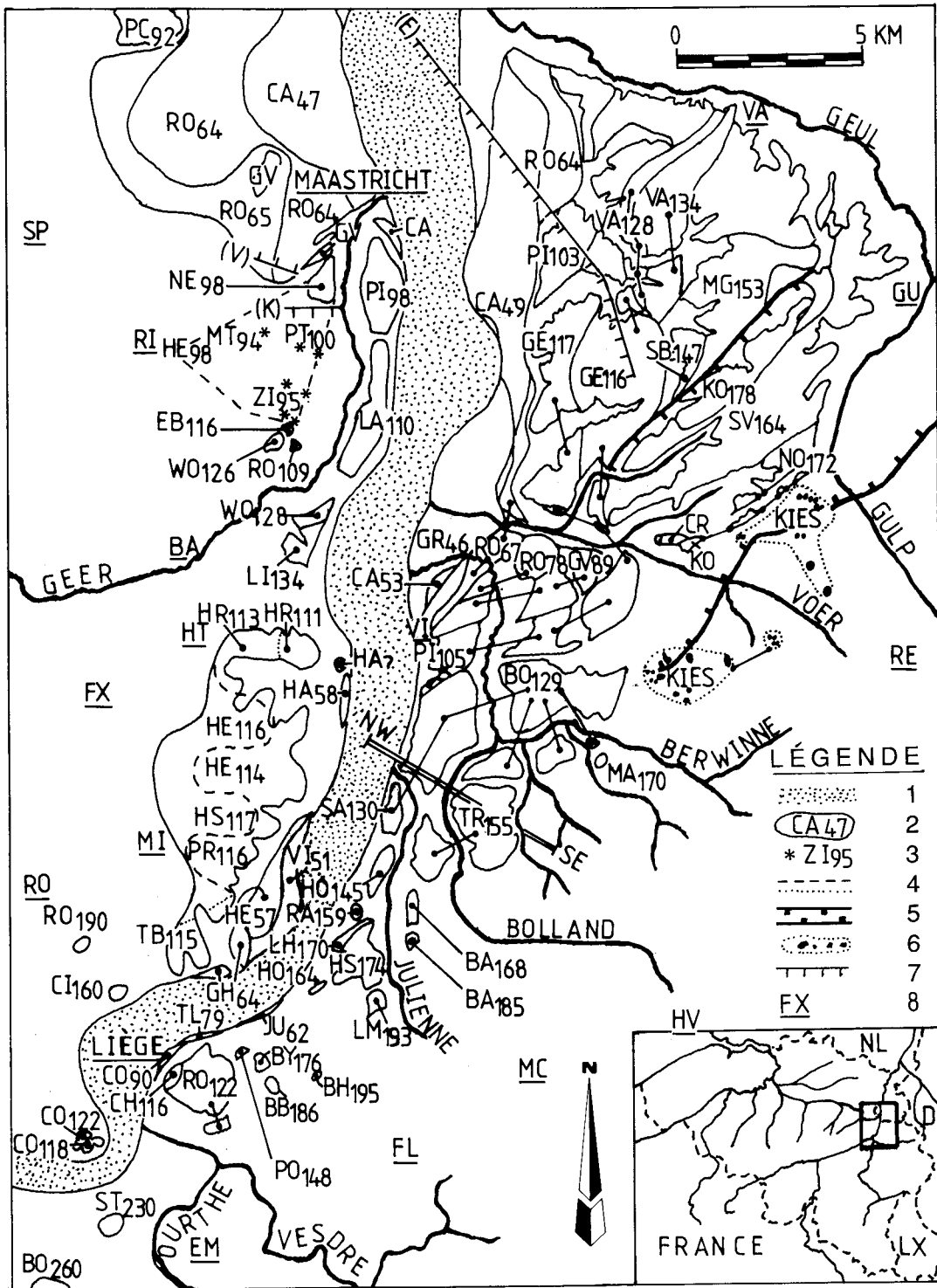


Fig. 1.- Lambeaux de cailloutis fluviaux depuis la région liégeoise jusqu'au S du Limbourg néerlandais.

Légende.- 1, plaine alluviale; 2, lambeau de terrasse; 3, lambeau localisé par sondage; 4, sous-division d'un lambeau; 5, limite de la Meuse orientale; 6, cailloutis à kieseloolithes; 7, faille; 8, localité.

Explications.- Pour tous les lambeaux, le nombre en indice correspond à l'altitude générale de la base. Les lambeaux aux Pays-Bas ont été représentés d'après la carte de Felder *et al.* (1989) et les lettres évoquent le nom de la terrasse conformément à la légende; b) 2,3 m ont été ajoutés systématiquement aux cotes originales de la carte en raison de la différence de niveaux conventionnels de la mer; c) KIES = dépôts à kieseloolithes. Failles.- (V), F. de Vroenhoven; (K), F. de Kanne; (E), F. de Eckelrade. Segment NW-SE = transect de la figure 8. Localités.- BA, Bassenge; EM, Embourg; FL, Fléron; FX, Fexhe-Slins; GU, Gulpen; HV, Herve; HT, Houtain-St-Siméon; MC, Micheroux; MI, Milmort; RE, Remersdael; RI, Riemst; RO, Rocourt; SP, Spouwen; VI, Visé; VK, Valkenburg.

2.- REMARQUES PRELIMINAIRES

1°.- La pente moyenne de la plaine alluviale est de 0,47‰ entre Liège et Visé, puis de 0,58‰ entre Visé et Maastricht. Les raccords entre lambeaux que nous allons proposer pour les Hautes et les Basses Terrasses ont été effectués en n'acceptant que des pentes longitudinales de l'ordre de 0,5‰.

2°.- Les altitudes des bases des lambeaux de terrasses sont les repères les plus fiables pour établir des raccords (Macar, 1938). Nous les avons utilisées systématiquement.

3°.- L'ensemble des observations faites sur des coupes dans la Hesbaye orientale crayeuse (tranchée du Canal Albert, carrières de craie) montre que les terrasses sont affectées par un réseau très dense de poches de dissolution dans lesquelles le cailloutis peut être descendu de plusieurs mètres (voir par exemple Juvigné & Renard, 1991). En conséquence, quand on dispose d'un ensemble de cotes pour la base d'un lambeau sur substratum crayeux, les points les plus élevés sont en principe les plus représentatifs de la position originelle.

4°.- Même sur substratum non crayeux, l'altitude de la base d'une terrasse varie de quelques mètres à l'échelle locale (Calembert, 1964; Calembert *et al.*, 1968; Calembert *et al.*, 1973; Calembert *et al.*, 1974; Calembert & Lambrecht, 1974; Graulich, 1975; Lambrecht & Bouckaert, 1973). A titre d'exemple, entre Cheratte et Vivegnis, 12 sondages ont été réalisés dans la plaine alluviale dans un secteur de 1 km de rayon; l'altitude de la base varie d'environ 3 m (fig. 7). Nous avons accepté ce niveau de tolérance dans le raccord des lambeaux d'une même terrasse.

5°.- L'altitude de la base d'un même lambeau, rapportée par différents auteurs, est parfois anormalement variable (jusqu'à 10 m). En plus des variations naturelles de l'altitude d'une base, des écarts peuvent provenir de la façon dont les mesures ont été faites: 1) des cotes obtenues par sondages carottés au milieu d'un lambeau sont plus fiables que celles mesurées dans des talus périphériques; la comparaison de telles données montre que ces dernières sont souvent trop basses, parce qu'elles correspondent à des contacts entre des colluvions graveleuses et le substratum; 2) le nivellement à partir d'un point coté IGN est le plus fiable, mais a rarement été pratiqué en raison de sa lenteur; 3) l'utilisation d'un altimètre au départ d'un point coté est nettement plus rapide, mais donne un résultat moins précis; 4) le repérage par rapport aux

courbes de niveau des cartes topographiques a souvent été pratiqué, mais les éditions successives de ces cartes introduisent localement des modifications de plusieurs mètres. En conséquence, lorsque plusieurs données différentes étaient disponibles, nous avons accordé le plus grand crédit aux cotes obtenues soit par nivellement dans des carrières, soit par sondages carottés en des points nivelés.

6°.- Le niveau conventionnel de la mer aux Pays-Bas est 2,30 m plus haut que le niveau belge. Dans le présent article, toutes les altitudes sont exprimées en fonction du repère belge.

7°.- La figure 1 contient tous les lambeaux cités dans le présent article.

8°.- Notre Collègue L. Bustamante-Santa Cruz a publié de nombreux articles consacrés à la sédimentologie des terrasses de la Meuse, et plus particulièrement à leur contenu en minéraux denses (voir liste bibliographique non exhaustive in Bustamante-Santa Cruz, 1990). Cet auteur prépare actuellement une synthèse de ses travaux. Pour en préserver l'originalité, nous ne ferons que de brèves allusions à ses résultats.

Les raccords proposés dans notre article reposeront donc uniquement sur des données altimétriques et morphologiques.

3.- APPARITION DE LA MEUSE

Les plus anciens cailloutis attribués à un cours primitif de la Meuse sont ceux de la Traînée mosane (Macar, 1945). A l'aval de Huy, ils ne sont connus que sur le plateau de rive gauche, où ils subsistent généralement en inversion de relief vers 200 m d'altitude. Le lambeau le plus oriental localisé sur cette rive, se situe à Rocourt; sa base est proche de 190 m (RO₁₉₀).

Tous les cailloutis fluviaux plus anciens, connus depuis les Hautes Fagnes jusqu'à la Traînée mosane, ont été attribués au remaniement continental des dépôts marins oligocènes, pendant le Néogène (Macar, 1945). Les Gravier liégeois (Pissart, 1964) sont des cailloutis fluviaux parmi les plus bas de cet ensemble. Trois lambeaux sont connus dans la région liégeoise (fig. 1); ils sont répartis en 2 niveaux respectivement vers 260 m et 230 m: 1) à Bonnelles (BO₂₆₀); 2) au Sart Tilman (ST₂₃₀) et aux Biens Communaux (hors carte, au S de Seraing). Des mesures d'orientation des galets ont montré que le cailloutis de Bonnelles a été mis en place par un cours d'eau s'écoulant du S vers le N, donc d'origine ardennaise, tandis que les deux autres (Biens Communaux et Sart Tilman) correspondent

à un écoulement fluvial de l'W vers l'E, sans que l'existence de la Meuse soit explicitement citée comme responsable des dépôts.

4.- LES TRES HAUTES TERRASSES T.H.T.

Macar (1938) a appelé T.H.T. un ensemble de 3 niveaux (T9 = Traînée mosane, T8 et T7) qui, dans le Limbourg néerlandais, constituent une vallée abandonnée, remarquablement conservée dans la région de Simpelveld; elle a été appelée «Oostmaas» (Meuse orientale).

Felder *et al.* (1989) distinguent 5 niveaux de terrasses dans la Meuse orientale: T. de Schinveld (à kieseloolithes), T. de Kosberg, T. de Crapoel, T. de Noorbeek et T. de Simpelveld (fig. 2).

4.1.- LES LAMBEAUX

1°. Le lambeau de la Citadelle à Liège.- Les sondages effectués par Calembert *et al.* (1975) ont atteint la base à 160m d'altitude (Cl₁₆₀), sous 2m à 4m de cailloutis.

2°. Entre Jupille et Grivegnée, 2 lambeaux de terrasses, séparés par une rupture de pente, peuvent être distingués: l'un au lieu-dit Les Bruyères (BY₁₇₆), l'autre à Bois de Breu (BB₁₈₆).

3°. Le lambeau de Beyne-Heusay.- Il s'agit d'une petite butte dont le sommet est à 196m d'altitude, et sur laquelle subsiste une mince couverture de galets mosans. Il s'agit d'un lambeau presque dénudé, dont la base est à environ 195m (BH₁₉₅).

4°. Les lambeaux de Wandre à Saive.- Macar (1938) a considéré le plateau de La Havée-Rabosée comme un seul lambeau de terrasse. Nos observations ont permis de le diviser en 5 niveaux, non seulement par les cotes de leurs bases, mais encore par le fait qu'ils sont séparés les uns des autres par des ruptures de pente: La Motte (LM₁₉₃), Haute-Saive (HS₁₈₄), La Havée (LH₁₇₀), Houlpaix (HP₁₆₄) et Rabosée (RA₁₅₉).

5°. Les lambeaux de Barchon.- Les sondages effectués sur les deux replats de la colline du Fort de Barchon fixent les bases respectives à environ 168m et 185m (BA₁₆₈ et BA₁₈₅).

6°. Le lambeau de Mauhin.- Sa base se situe à environ 170m (MA₁₇₀).

Les dépôts des T.H.T. sont en général fortement sableux, et leurs cailloutis ne sont jamais très grossiers. Ceci peut être mis en rapport avec le fait qu'aux niveaux des T.H.T. de la région étudiée, la Meuse coulait essentiellement dans des formations meubles (sable et craie à silex). On peut aussi

invoquer une pente longitudinale plus faible que celle d'aujourd'hui.

4.2.- LES RACCORDS ENTRE LAMBEAUX (fig. 2)

1°. La Traînée mosane.- Le raccord entre la Traînée mosane (190m à Rocourt) et le cailloutis de l'Ubachsberg (210m), proposé par Macar (1938), et confirmé par Macar & Meunier (1955) est accepté comme postulat. Il se fait par une contre-pente d'environ 0,57‰. Celle-ci a été justifiée par un soulèvement postérieur de la région de Simpelveld. Dès lors, les lambeaux BH₁₉₅ et LM₁₉₃ peuvent appartenir à la Traînée mosane.

Les essais de raccord des lambeaux des T.H.T. postérieures à la Traînée mosane sont étroitement dépendants de la façon dont on conçoit le soulèvement de la région de Simpelveld. Nous montrons plus loin (voir capture de la Meuse) que le soulèvement a commencé au niveau de la T. de Simpelveld, et s'est poursuivi après son abandon par la Meuse. En conséquence, les essais de raccord des T.H.T. tentés ci-dessous, doivent respecter la contre-pente de la Traînée mosane. Dans toute la mesure du possible, nous avons choisi les lambeaux de référence dans le complexe de Wandre-Saive où les terrasses sont nettement distinctes les unes des autres.

2°. La T. de Haute-Saive.- Elle est représentée par 3 lambeaux: BB₁₈₆ (Bois de Breu), HS₁₈₄ (Haute-Saive) et BA₁₈₅ (Barchon).

3°. La T. de Les Bruyères.- Le lambeau BY₁₇₆ (Les Bruyères) est probablement le témoin d'une terrasse intermédiaire entre la T. de Haute-Saive et la T. de la Havée.

4°. La T. de La Havée.- Dans les limites des tolérances acceptées pour l'altitude des bases (voir plus haut), le lambeau BA₁₆₈ (Barchon) peut être raccordé à LH₁₇₀ (La Havée). Dans la Meuse orientale, on peut lui raccorder la T. de Kosberg.

5°. La T. des Houlpaix.- Les lambeaux Cl₁₆₀ et Ma₁₇₀ appartiennent probablement à cette terrasse qui peut être raccordée à la T. de Noorbeek (Meuse orientale).

6°. La T. de Rabosée.- Elle n'est représentée que par le lambeau RA₁₅₉.

7°. Felder *et al.* (1989) mentionnent la présence de restes isolés de cailloutis mosans au-dessus de la T. de Kosberg sur le flanc méridional de la Meuse orientale. L'altitude de leurs bases n'est qu'exceptionnellement rapportée, mais certains d'entre eux se trouvent sous le niveau de la Traînée mosane (fig. 2). En conséquence, les terrasses de Haute-Saive et de Les Bruyères ne manquent peut-être pas dans la Vallée de Simpelveld.

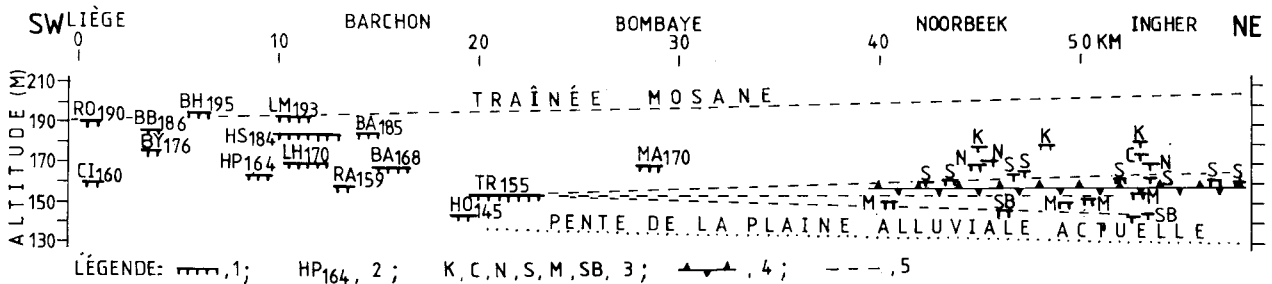


Fig. 2.- Position des lambeaux des Très Hautes Terrasses, et de Hautes Terrasses supérieures depuis Liège jusqu'au Limbourg néerlandais.

Remarque.- Ce type de représentation est utilisé dans la mesure où aucun grand méandre encaissé n'est connu dans les T.H.T. de ce tronçon.

Légende.- 1, base de lambeau; 2, identification du lambeau; 3: K= T. de Kosberg, C= T. de Crapoel, N= T. de Noorbeek, S= T. de Simpelveld, M= T. de Margraten, SB= T. de Sibbe; 4, passage de la Meuse orientale à la Meuse occidentale; 5, raccords entre lambeaux.

Explications.- Le raccord de la Trainée mosane est tracé conformément aux conclusions de Macar (1945) et Macar & Meunier (1955). Pour la Meuse orientale, les cotes des lambeaux ont été lues sur la carte du R.G.D. et augmentées de 2,3 m.

4.3.- LE COURS DE LA MEUSE PENDANT LA PERIODE DES TRES HAUTES TERRASSES

La figure 3A représente les limites de la Trainée mosane. La répartition des lambeaux inférieurs indique que la largeur de la vallée diminuait au fil de l'encaissement. Le paléo-versant droit de la Meuse orientale (Felder *et al.*, 1989) peut être prolongé jusque dans la région liégeoise. Dans la partie méridionale de la Meuse orientale, la limite dessinée par Felder *et al.* (1989) a été déplacée légèrement vers le SE, de façon à englober les dépôts mosans conservés sous 210 m d'altitude (voir plus haut).

5.- LA POSITION STRATIGRAPHIQUE DE LA CAPTURE DE LA MEUSE DE SIMPELVELD

5.1.- LES HYPOTHESES EN PRESENCE

Macar (1938) a montré que le tracé du cours de la Meuse a subi une profonde modification en abandonnant la Meuse orientale pour une autre, la «Westmaas» (Meuse occidentale ou vallée de Maastricht). Le même auteur a attribué ce changement à une capture survenue entre ses niveaux T7 et T6. Felder *et al.* (1989) placent le changement de vallée sous la terrasse T6.

La discussion de ces deux hypothèses doit prendre en compte l'attribution des lambeaux de Margraten et de Trembleur à la Meuse orientale, ou à la Meuse occidentale.

1°. Macar (1938) a placé le lambeau de Margraten dans la Meuse orientale et celui de Trembleur dans la Meuse occidentale. En conséquence, la capture invoquée peut s'être produite n'importe où entre Visé et l'Ubagsberg.

2°. Felder *et al.* (1989) démontrent que le lambeau de Margraten est dans la Meuse

occidentale, car il est séparé de la Meuse orientale par un lambeau d'une terrasse plus élevée (T. de Kosberg). La position de ce dernier sur le flanc NW de la Meuse orientale, confirme la nécessité d'une capture pour faire passer la Meuse d'un côté (SE) à l'autre (NW) du plateau de Banholt, et implique que la capture se soit produite à l'amont du plateau de Banholt. De plus, Felder *et al.* (1989) raccordent le lambeau de Trembleur à la T. de Simpelveld (Meuse orientale), et non à la Meuse occidentale.

5.2.- APPARTENANCE DU LAMBEAU DE TREMBLEUR (TR₁₅₅)

1°. Les données altimétriques

Le sondage n° 182 du S.G.B., effectué pour le charbonnage de Trembleur sur le plateau à 172 m d'altitude, rapporte la présence de 17,4 m de «morts-terrains» sur le Houillier, mais ne donne aucun détail sur la composition de cette couverture.

Dans une telle position géographique et altimétrique, il ne peut y avoir ni Crétacé ni Oligocène sous le cailloutis de Trembleur; l'altitude de la base est donc 154,6 m (172 m - 17,4 m).

La figure 2 met en évidence les faits exposés ci-dessous.

1°. Pour raccorder le lambeau de Trembleur à la T. de Simpelveld (carte du R.G.D.), il faut accepter une contre-pente pratiquement égale à celle de la Trainée mosane.

2°. Le lambeau de Trembleur est légèrement plus haut que celui de Margraten; la pente de l'un à l'autre est seulement de 0,2‰.

3°. Le raccord du lambeau de Trembleur avec celui de Sibbe (Macar, 1938) se fait par une pente longitudinale identique à celle de la plaine alluviale actuelle.

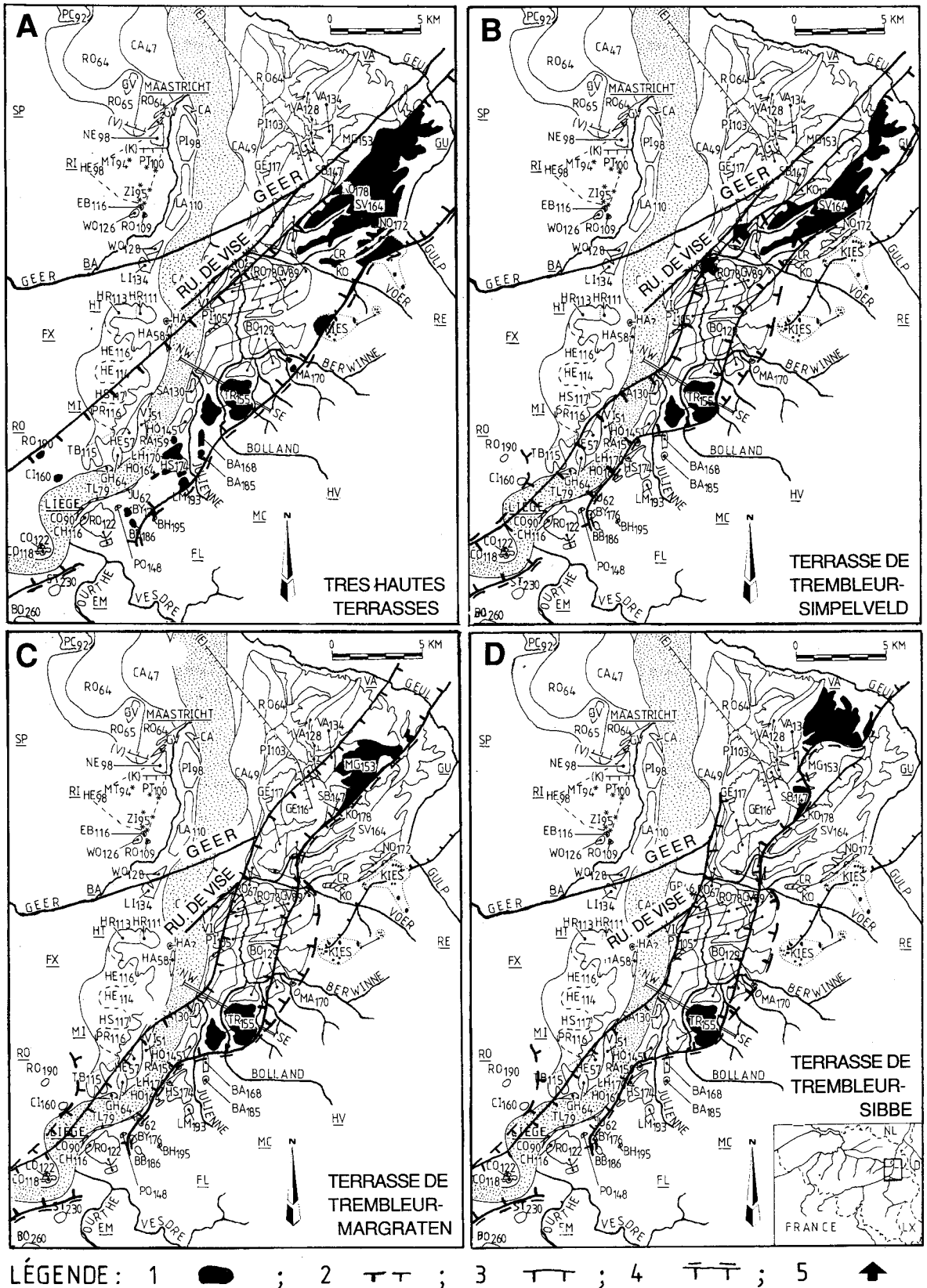


Fig. 3.- Quelques étapes de l'évolution du cours de la Meuse depuis la Trainée mosane jusqu'à la mise en place de la Meuse occidentale.

Légende.- 1, lambeau appartenant à la (aux) terrasse(s) représentée(s); 2, limite absolue de la (des) terrasse(s), conformément aux paléoversants résiduels; 3, limite probable de la (des) terrasse(s); 4, limite probable correspondant à la limite absolue; 5, zone de la capture. Le fond de chaque carte correspond à la figure 1.

3A.- La Trainée mosane.- Sur la rive gauche, elle est en inversion de relief, et il n'y a plus de paléoversant perceptible vers le N dans la morphologie actuelle. Le Geer et un de ses affluents de rive droite ont été représentés pour les besoins de la capture de la Meuse orientale (voir plus loin). 3B.- La T. de Trembleur-Simpelveld juste avant la capture de la Meuse. 3C.- La T. de Trembleur-Margraten après la capture. 3D.- La T. de Trembleur-Sibbe correspondant au rééquilibrage du profil longitudinal.

2°. Données sédimentologiques

Nous avons effectué des sondages à la tarière sur le plateau de Trembleur au pied du terril, pour reconnaître la nature des «morts-terrains» (voir plus haut): 1) de 0 à 3 m, limon éolien; 2) de 3 m à 3,5 m, limon éolien légèrement sableux; 3) de 3,5 m à 7 m, sable fluviatile fin à très fin, présentant une stratification laminaire; 4) 7 m, tarière bloquée sur des galets.

En conséquence, les dépôts de la Meuse ont ici au moins 14 m d'épaisseur, alors que dans toutes les autres terrasses entre Liège et Visé, ils ne dépassent pas 8 m. Cette épaisseur exceptionnelle, et la granulométrie fine des 3,5 m supérieurs au moins, peuvent s'expliquer par la diminution de pente consécutive au soulèvement de la région de Simpelveld. Une observation sédimentologique analogue a été faite dans la Meuse orientale (Macar *et al.*, 1975).

Nos observations nous permettent donc de prendre position en faveur du raccord du lambeau de Trembleur à la T. de Simpelveld (voir plus haut). Cette corrélation implique une contre-pente pratiquement égale à celle de la Traînée mosane.

5.3.- MODELISATION DE LA CAPTURE (fig. 3BCD)

Macar (1938) n'a fourni aucun détail sur la capture qu'il a invoquée pour expliquer le changement de direction de la Meuse entre Liège et le Limbourg.

Puisque la T. de Trembleur- Simpelveld a une contre-pente égale à celle de la Traînée mosane, on peut en déduire: 1) que le soulèvement de la région de Simpelveld a commencé pendant l'écoulement de la Meuse au niveau de la T. de Trembleur-Simpelveld; 2) que la capture de la Meuse a eu lieu avant que la pente ne s'inverse; 3) et que le basculement de la vallée de la Meuse orientale s'est poursuivi après le déversement.

La figure 3B représente la situation avant la capture. Tout juste avant que celle-ci ne survienne, il devait se trouver, à la retombée NW du plateau de Banholt, un réseau de cours d'eau à une altitude inférieure à celle de la T. de Simpelveld. Le cours d'eau principal pouvait être un ancêtre du Geer, qui avait, dans la région de la capture, un affluent de rive droite, que nous appelons Ruisseau de Visé.

Nos observations sédimentologiques à Trembleur, ainsi que celles faites à Simpelveld (voir plus haut) montrent, qu'au moment de la capture, la pente longitudinale de la Meuse orientale était presque inexistante et l'alluvionnement exceptionnel. Dans ces conditions, de larges méandres libres devaient exister dans tout le tronçon à pente

faible, jusque dans la région liégeoise. Un méandre du Limbourg méridional a glissé vers le Ru. de Visé, et la Meuse s'est ainsi déversée dans le Geer inférieur, entraînant notamment les conséquences exposées ci-dessus.

1°. A l'aval du point de capture, la Meuse a élargi la vallée du Geer et formé la T. de Margraten (fig. 3C). La pente longitudinale de cette terrasse est d'environ 0,2‰; c'est une «terrasse de transition». Il n'existe aucun argument morphologique pour tracer le versant ouest de la vallée à l'aval de Visé. Celui-ci a donc été tracé arbitrairement, sans autre souci que celui de dessiner une vallée encore étroite, puisque la Meuse élargissait simplement les vallées du Ru de Visé et du Geer.

2°. Une onde d'érosion régressive s'est déclenchée à l'amont du point de capture.

3°. La Meuse a établi un profil d'équilibre indépendant de la perturbation tectonique de Simpelveld. Ceci explique que le raccord du lambeau de Trembleur avec celui de Sibbe (Macar, 1938) se fait par l'intermédiaire d'une pente longitudinale proche de celle de la plaine alluviale actuelle (fig. 3D). A l'aval de Visé, nous proposons un élargissement de la vallée pour assurer la transition avec le développement ultérieur d'un large cône (voir plus loin).

Remarque.- Dans ce modèle, la région liégeoise est considérée comme la charnière de la déformation du Limbourg néerlandais. Cette charnière est peut-être plus à l'amont, mais sa recherche y est fortement compliquée par la présence d'un léger bombement des T.H.T. et des H.T. (Pissart, 1975).

4°. La Gulp a continué d'amener ses eaux dans la Meuse orientale, où l'écoulement était hésitant (pente pratiquement nulle: voir plus haut). La Geul est née en rive droite de la Meuse, laquelle s'encaissait à l'aval de Margraten. Plus tard, cette Geul embryonnaire a capturé la Gulp à Gulpen, par érosion régressive.

6.- LES TERRASSES A L'W DU TRONÇON DE LIXHE AU ST PIETERSBERG

Pour poursuivre la reconstitution de l'évolution du cours de la Meuse aux niveaux des H.T., et ensuite des B.T., il faut maintenant prendre en considération un ensemble de lambeaux qui couvrent l'interfluve Meuse-Geer, ainsi qu'une vaste zone à l'W du Geer.

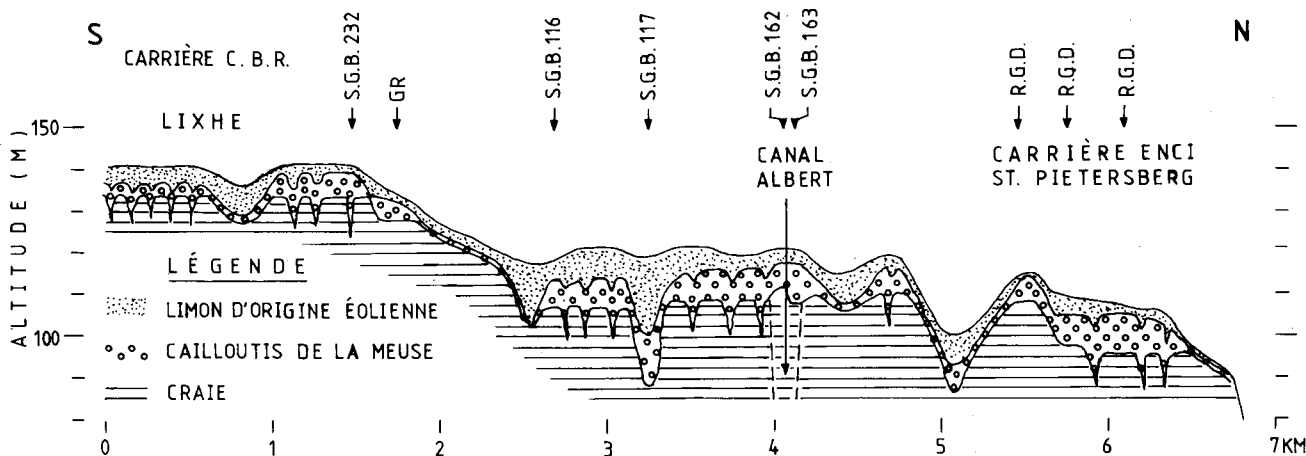


Fig. 4.- Les lambeaux de terrasses de l'interfluve Meuse-Geer.

Explications.- Schéma de la carrière C.B.R. de Lixhe d'après Juvigné & Renard (1991). S.G.B.: références de rapport de sondages conservés au Service géologique de Belgique. GR, d'après la gravière du plateau de Lixhe, décrite par Juvigné & Renard (1991). En traits interrompus sub-verticaux, la tranchée du Canal Albert. R.G.D.: données figurant sur la carte des terrasses du Rijks Geologische Dienst/NL (Felder *et al.*, 1989).

6.1.- LES TERRASSES DE L'INTERFLUVE MEUSE-GEER (fig. 4)

Sur l'interfluve Meuse-Geer, 4 niveaux de terrasses ont été reconnus, chacun sous des plateaux loessiques distincts:

1°. Le lambeau de Lixhe (LI₁₃₄): plateau à 140 m base à 134 m (Juvigné & Renard, 1991).

2°. Le lambeau de Wonck (WO₁₂₈): plateau à 135 m, base à 128 m (Juvigné & Renard, 1991).

Remarque.- La cote 123 m de la carte de Felder *et al.* (1989) correspond à celle d'un sondage du S.G.B.; on sait aujourd'hui par la carrière ouverte à cet endroit, que ce sondage a traversé une poche de dissolution, et que la base de ce lambeau est à 128 m (Juvigné & Renard, 1991).

3°. Le lambeau de Lanaye (LA₁₁₀): plateau à 120 m, base entre 108 m et 112 m.

4°. Le lambeau de St Pietersberg (PI₉₇): plateau à 110 m, base entre 95 m et 97 m (carte du R.G.D.).

6.2.- LES TERRASSES A L'W DU GEER (fig. 1)

Il faut tout d'abord souligner que la présence de gravier de la Meuse à l'W du Geer est connue depuis la fin du siècle dernier. En effet, dans la colline du Romont, la carte géologique n° 107 (Tongres-Herderen) mentionne notamment la présence de «q2m = cailloux fluviaux ardennais, des flancs moyens et supérieurs de la vallée de la Meuse (anciens cours du fleuve)».

Hallet (1932) a distingué plusieurs terrasses dans la région de Hees à Mopertingen, et a invoqué l'évolution d'un méandre de la Meuse pour en expliquer la succession des niveaux; nous l'appellerons Méandre de Mopertingen.

6.2.1.- Les données

1°. Dans la région située à l'W du Geer inférieur, Felder *et al.* (1989) représentent 3 terrasses, dont une, particulièrement développée (T. Pi2 de St Pietersberg).

2°. Il existe à Zichen une ancienne exploitation de graviers mosans dont la base, aujourd'hui inaccessible, est comprise entre 90 m et 95 m.

3°. La coupe de la carrière du Romont/Eben-Bassenge (Juvigné, 1991) expose deux niveaux de terrasses de la Meuse dont les bases se situent respectivement vers 126 m (WO₁₂₆) et 109 m (RO₁₀₉).

4°. Les rapports de sondages du S.G.B. apportent les renseignements suivants.

- Sur le flanc nord du Romont, 5 sondages ont été effectués; ils traversent des cailloutis, épais de 5 m à 10 m, dont les bases peuvent être réparties en 2 niveaux: EB₁₁₆ et ZI₉₂₋₉₅.

- Sur le plateau du Plattenberg (115 m à 120 m), deux sondages rapportent la présence d'une nappe de cailloutis de 6 m à 9 m d'épaisseur dont la base se situe entre 99 m et 100 m (PT₁₀₀).

5°. Le replat situé au NW de Neerkanne, à 108,5 m contient un cailloutis dont la base est rapportée à 97 m et 98 m (NE₉₈) par Felder *et al.* (1989).

6°. Ces auteurs étendent la T. Pi2 à l'W du Geer, au-delà de la zone des sondages précités. Des rapports du S.G.B. signalent l'existence de «cailloux bloquant la sonde» sous quelques mètres de limon éolien, à l'W d'une ligne Zichen-Vroenhoven. Toutefois, aucun de ces rapports ne mentionne explicitement des galets mosans, tandis que quelques-uns citent les silex. Pour notre part, nous n'avons trouvé qu'un seul

affleurement de cailloutis mosan dans cette région, il se situe dans la partie sud du village de Heukelom/Riemst, mais sa base n'est pas visible. Toutefois, Felder *et al.* (1989) rapportent une altitude de base à 98 m, au N du même village.

6.3.- SYNTHÈSE

Dans l'ensemble, il existe 5 niveaux de terrasses de la Meuse en rive gauche entre Lixhe et St Pietersberg: 1) La T. de Lixhe (LI₁₃₄); 2) La T. de Wonck (WO₁₂₈ et WO₁₂₆); 3) La T. d'Eben (EB₁₁₆); 4) La T. de Lanaye (LA₁₁₀ et EB₁₀₉); 5) La T. du St Pietersberg dont la grande extension régionale est attestée par une dizaine de cotes de bases variant entre 91 m et 98 m. Les cotes les plus basses de cet ensemble correspondent probablement à des poches de dissolution. La morphologie d'ensemble est celle d'un grand méandre qui a été appelé Méandre de Mopertingen (voir plus haut).

7.- LES HAUTES TERRASSES

Dans la nomenclature de Macar (1938), il s'agit du groupe des terrasses les plus élevées dans la Meuse occidentale (T6, T5', T5, T4 et T4'). En conséquence de la façon dont nous concevons la capture de la Meuse (voir plus haut), T6 est une terrasse de transition entre les T.H.T. et les H.T.

7.1.- LA TERRASSE DE HOGNEE (fig. 5A)

Le lambeau de référence de la terrasse T5' de Macar (1938) est celui de Hognée. Par sondage, Pel & Brumagne (1964) en ont repéré la base à 145 m, sous 7,5 m de dépôt fluvial (HO₁₄₅).

Vers l'amont, on peut y raccorder le lambeau des Pocheteux (PO₁₄₈), et vers l'aval celui de Valkenburg (VA₁₃₄). La position du versant oriental de la vallée montre que le glissement de la Meuse se poursuit vers l'W. Ce déplacement est une réponse à la continuation du soulèvement de la région de Simpelveld après la capture de la Meuse orientale. Il n'y a toujours pas de traces morphologiques qui permettent de fixer la position du versant occidental.

7.2.- LA TERRASSE DE LIXHE (fig. 5B)

L'intégration du lambeau de Lixhe (LI₁₃₄) dans la terrasse T5' est difficilement acceptable. En exploitant au maximum la possibilité de développer un méandre vers Warsage, on obtiendrait encore une pente excessive (0,6‰). Comme il ne peut pas non plus être corrélé avec la terrasse immédiatement inférieure (voir plus loin: SA₁₃₀), il représente le reste d'une terrasse distincte des autres; nous l'appelons T. de Lixhe.

Vers l'aval on peut lui raccorder le lambeau VA₁₂₈ (Valkenburg). Le glissement de la Meuse se poursuit vers l'W.

Du point de vue morphologique, la T. de Lixhe a une importance considérable. En effet, le méandre amorcé à l'endroit de la capture s'est considérablement développé pour former le Méandre de Lixhe, dont l'évolution ultérieure va modifier fondamentalement toute la morphogenèse de la région comprise entre Visé, Riemst et Maastricht.

7.3.- LA TERRASSE DE WONCK

Elle est représentée par 2 lambeaux (WO₁₂₈ et WO₁₂₆) situés respectivement de part et d'autre du Geer. WO₁₂₆ conservé en inversion de relief sur la colline du Romont (Juvigné, 1991), constitue la trace la plus ancienne du passage de la Meuse à l'W du Geer.

La T. de Wonck est 6 m sous celle de Lixhe. Son tracé devait être très proche de celui de la T. de Lixhe (fig. 5B); il n'a pas été dessiné.

7.4.- LA TERRASSE DE BOMBAYE

Selon Macar (1938), la terrasse T5 est représentée entre Liège et Visé par un ensemble de 6 lambeaux isolés les uns des autres par l'érosion des ruisseaux locaux (fig. 5C).

1°. Le lambeau de Sarolay.- D'après la description de 2 puits, Pel & Brumagne (1964) rapportent la base à 129 m et à 130 m, d'où la désignation SA₁₃₀.

Remarque.- A l'extrémité nord du lambeau de Sarolay, il existe un cailloutis dont la base est à 121 m (Felder *et al.*, 1989). Dans une telle position, il devrait s'agir de colluvions graveleuses issues du lambeau de Sarolay. Nous n'en tenons pas compte dans nos raccords.

2°. Les lambeaux de Richelle et de Bombaye.- L'altitude de base la plus fiable de ce lambeau (129 m) a été mesurée dans l'ancienne gravière de La Tombe à Bombaye (Macar *et al.*, 1975), d'où l'appellation BO₁₂₉.

Du point de vue morphologique, cette terrasse atteste l'existence d'un grand méandre vers l'E; nous l'appelons Méandre de Mortroux.

La corrélation que proposent Felder *et al.* (1989) entre GE₁₁₆ (T. de St Geertruid) et la T. de Bombaye implique une pente exceptionnellement forte de 1,3 %. La T. de Bombaye devait passer à St Geertruid vers 125 m, soit 9 m plus haut que GE₁₁₆, et nous ne voyons pas la possibilité de développer vers l'W un méandre de 16 km de longueur pour adapter la pente. Nous proposons donc de considérer la T. de St Geertruid comme inférieure à celle de Bombaye (voir plus loin).

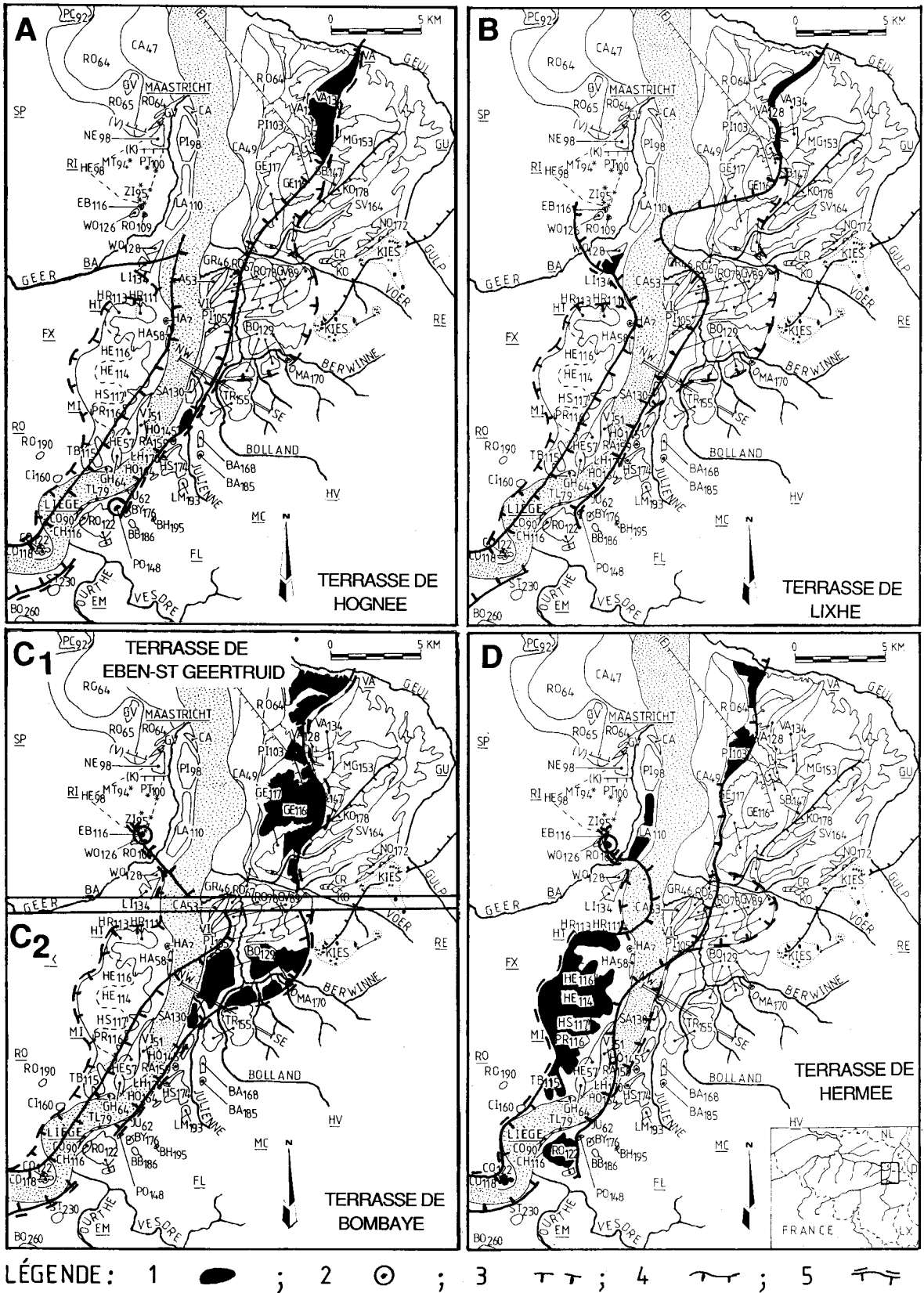


Fig. 5.- Cinq étapes de l'évolution du cours de la Meuse pendant la période de ses Hautes Terrasses.

Légende.- 1, lambeau appartenant à la terrasse représentée; 2, lambeau de faible extension au centre du cercle; 3, limite absolue de la terrasse, conformément aux paléoversants résiduels; 4, limite probable de la terrasse; 5, limite probable correspondant à la limite absolue. Le fond de chaque carte correspond à la figure 1.

En raison de l'absence de lambeaux corrélables en dehors de la région du *locus typicus*, la terrasse de Bombaye ne peut être dessinée à l'aval de Visé (fig. 5C₂).

7.5.- LA TERRASSE D'EBEN-SINT-GEERTRUID (fig. 5C₁)

Les lambeaux EB₁₁₆ (Eben) et GE₁₁₆ (St Geertruid) ne peuvent être raccordés à aucun des lambeaux restant libres pour les corrélations. Il n'est pas non plus possible de les relier entre eux par un méandre, car cela impliquerait que l'un des deux soit au moins 5 m plus bas que l'autre, puisque environ 10 km les séparent à vol d'oiseau. D'autre part, l'extension NS et la position géographique du lambeau GE₁₁₆ ne se prêtent pas à ce type de raccord. En conséquence, nous raccordons EB₁₁₆ et GE₁₁₆ dans le cadre d'un cône qui s'étale largement à la sortie du Méandre de Mortroux; ce cône pourrait représenter le plus ancien ancêtre, aujourd'hui disparu, du Plateau de Campine.

7.6.- LA TERRASSE DE HERMEE

D'après Macar (1938), il s'agit d'un des lambeaux de la Terrasse principale. Celle-ci est un complexe de 2 niveaux de terrasses (T4 et T4') séparés par environ 5 m de dénivellation; l'ensemble des lambeaux de la région située entre Visé et Warsage, tout l'interfluve Meuse-Geer et le Plateau de Campine en font aussi partie. Tous ces grands lambeaux assemblés, donnent un aspect dominant à la terrasse, d'où le nom de Terrasse principale.

7.6.1.- Sélection de lambeaux

1°. Les lambeaux de Cointe.- Les 2 niveaux sont présents. D'après les sondages de Calembert (1955) et de Pel (1968), les altitudes des bases respectives sont, pour le lambeau supérieur 121,5 m (CO₁₂₂), et le lambeau inférieur 117,5 m (CO₁₁₈).

2°. Les lambeaux de Grivegnée.- Il existe également 2 lambeaux distincts: le lambeau de Robermont, base entre 120 m et 122,5 m (RO₁₂₁), et le lambeau de La Chartreuse, base à 116 m (CH₁₁₆).

3°. Les lambeaux de Hermée (fig. 5D).- La variation de l'altitude des bases, et la morphologie du paléoversant, attestent l'importance du rôle des méandres pour expliquer la répartition des lambeaux en 3 sous-niveaux.

- Au niveau supérieur (T4), la Meuse décrivait un méandre (Méandre des Hauts-Sarts) dont la base est conservée entre 116 m et 117 m (HS₁₁₇ et HE₁₁₆). C'est la T. des Hauts-Sarts.

- Au niveau moyen (T4'), il existait un train de méandres, dont la base passe de 115,5 m (PR₁₁₆) à 113 m (HR₁₁₃): c'est la T. d'Heure-le-Romain.

- Un niveau inférieur peut être reconstitué en raccordant les parties extrêmes du lambeau: c'est la T. de Tribouillet (TB₁₁₅ et HR₁₁₁).

Dans le texte qui suit, le terme T. de Hermée désignera le complexe des 3 sous-niveaux décrits ci-dessus.

4°. Le lambeau de Richelle-Bombaye.- Felder *et al.* (1989) raccordent le lambeau de Hermée (bases entre 111 m et 117 m) avec le lambeau de Richelle-Bombaye (base à 125 m). Pour accepter ce raccord, il faut invoquer une déformation tectonique dont il n'apparaît par ailleurs, aucune trace dans la morphologie. Celle-ci compromettrait l'ensemble des raccords que nous avons proposés plus haut. Nous maintenons son appartenance à une terrasse plus élevée (voir plus haut).

5°. Les lambeaux de Visé-Warsage.- Macar (1938, 1957) a représenté entre Visé, Bombaye, Warsage et la Voer, un lambeau unique qu'il a assimilé à la Terrasse principale. Comme la seule altitude de base dont il disposait était de 95 m, il a fait le choix d'invoquer une déformation tectonique entre Hermée-Haccourt et Visé.

Felder *et al.* (1989) divisent le lambeau de Visé-Warsage en 4 sous-niveaux dont même le plus élevé (PI₁₀₅) est au moins 5 m trop bas pour permettre la corrélation avec le plus bas des niveaux de la T. de Hermée (T. de Tribouillet). La T. de Hermée n'est donc pas représentée dans la zone du Méandre de Warsage, et tous les lambeaux de cette région relèvent des B.T. (voir plus loin).

6°. Le lambeau de Lanaye (LA₁₁₀).- Dans ce secteur profondément karstifié (fig. 4), il n'a pas été possible de distinguer les sous-niveaux connus ailleurs.

7°. Le lambeau du Romont (RO₁₀₉).- Malgré le grand développement de la coupe dans la terrasse (500 m), il n'apparaît qu'un seul niveau.

7.6.2.- Un raccord de lambeaux indépendant de la tectonique

Le raccord entre les ensembles de lambeaux de Cointe, de Grivegnée, et de Hermée ne pose pas de difficulté, et peut se faire par l'intermédiaire d'une pente identique à celle de la plaine alluviale actuelle. La corrélation du complexe de Hermée avec le lambeau de Lanaye-Romont (voir plus haut) implique un méandre vers l'E dont la longueur doit être d'environ 4 km ($2\text{ m}/0,47\text{‰} = 4,25\text{ km}$). Ceci contribue à expliquer l'absence de

lambeaux de la T. de Hermée dans la région comprise entre Visé et Warsage (voir plus haut).

Vers l'aval, les lambeaux les plus élevés encore disponibles pour les corrélations, sont le Plateau de Campine (PC₉₂) et le lambeau de Cadier en Keer (PI₁₀₃). Le raccord de ce dernier à la T. de Hermée se fait sans difficulté. Par contre, pour raccorder PC₉₂ (Gellick) à PI₁₀₃, il faudrait dessiner, à partir de Cadier en Keer, un méandre étriqué sans relation avec l'évolution morphologique générale telle qu'elle est retracée ici.

Si on n'accepte pas l'existence du Méandre de Cadier en Keer, alors, le Plateau de Campine est plus bas que la T. de Hermée, et ne peut se raccorder qu'à une B.T. (voir plus loin). Cette dernière possibilité est renforcée par l'allure d'ensemble de la base du Plateau de Campine. En effet, son altitude est anormalement élevée à l'extrémité sud (PC₉₂ à Gellick), et implique une pente d'environ 1,2‰ pour effectuer le raccord avec les bases connues plus au N (Maasmechelen, Eisden-Lanklaar...).

Aucun lambeau ne permet de dessiner avec certitude la limite occidentale de la T. de Hermée à l'aval de Lanaye, mais dans la continuité des cours précédents, il est logique de penser qu'un ancêtre du Plateau existait aussi à ce niveau.

En conclusion, il est très difficile de maintenir le raccord que Macar a proposé entre le lambeau de Hermée et le Plateau de Campine.

7.6.3.- La notion de Terrasse principale

La notion de Terrasse principale a été introduite par Macar (1938). D'une part, d'après nos conclusions, cette terrasse a perdu son grand lambeau de Visé-Warsage, les deux tiers de l'interfluve Meuse-Geer, et de plus, la corrélation entre la T. de Hermée et le Plateau de Campine est très improbable. D'autre part, Macar (1957) a montré que les Terrasses principales de l'Ourthe et de la Vesdre ne correspondaient pas à celle de la Meuse. De la même façon, Juvigné (1963) a montré que la T. principale de l'Ourthe en Famenne était nettement inférieure à celle de l'Ourthe du Condroz (Ek, 1957). En conséquence, le terme Terrasse principale n'a qu'une valeur strictement locale, il devrait être abandonné.

8.- LES BASSES TERRASSES

Selon la nomenclature de Macar (1938, 1957), il s'agit du groupe de 3 terrasses (T3 à T1) postérieures à l'abandon de la T. de Hermée. Des recherches récentes apportent des données nouvelles qui permettent de développer la classification précitée.

8.1.- ETAT DES CONNAISSANCES

8.1.1.- Les trois Basses Terrasses de Macar (1938)

1°. La Terrasse T3.- Macar (1938) n'a reconnu aucun lambeau de cette terrasse entre Liège et Visé. D'après le profil à l'amont de Liège, la base de T3 devrait traverser le centre de la ville vers 98 m d'altitude, soit environ 38 m plus haut que la surface de la plaine alluviale (s.p.a. dans le texte qui suit). Dans la région de Maastricht, le même auteur lui attribue le lambeau de Hees qui n'est que 15 m au-dessus de la s.p.a. Ce type de raccord repose une nouvelle fois sur une importante activité tectonique pendant le Pléistocène.

2°. La terrasse T2.- Elle est représentée par 4 lambeaux situés à l'aval de Liège: Herstal, Haccourt, Loën et Mouland. Cette terrasse est parallèle à la s.p.a., et environ 8 m plus haut. Toutefois, les résultats que nous avons obtenus montrent que les lambeaux de Herstal et de Haccourt appartiennent à des niveaux inférieurs (voir plus loin).

3°. La terrasse T1.- Son lambeau type dans la région liégeoise est à Jupille, où l'altitude de la base varie entre 61 m et 64 m d'altitude (JU₆₂), soit 1 m à 4 m plus haut que la s.p.a. Les lambeaux de Haccourt (HA₅₈), et de la gare de Visé ont été raccordés à la T. de Jupille par Macar (1938).

8.1.2.- Les données de la carte de Felder *et al.* (1989)

En rive gauche, les lambeaux de la T. de St Pietersberg font partie des B.T. telles qu'elles sont définies plus haut.

En rive droite, la cartographie des lambeaux de B.T. à l'E de Visé, évoque la rétrogradation d'un grand méandre que nous appelons Méandre de Warsage. Les 5 niveaux qui constituent celui-ci, sont de haut en bas: PI₁₀₅, GV₈₉, RO₇₈, RO₆₇ et CA₅₃.

Remarque.- L'altitude de la base du lambeau CA (53 m), présent entre Visé et Mouland, a été calculée à partir de celle du lambeau de Gronsveld situé immédiatement au N.

8.1.3.- Les données supplémentaires

1°. A Liège, nous avons trouvé 2 lambeaux supplémentaires: 1) au lieu-dit Trou Louette, base de 78 m à 80 m (TL₇₉); 2) à Cornillon, base à environ 90 m (CO₉₀).

2°. Pissart (1975) a reconstitué 3 niveaux de basses terrasses entre Jupille et Herstal. Ils peuvent être étendus vers l'aval et vers l'amont (fig. 7).

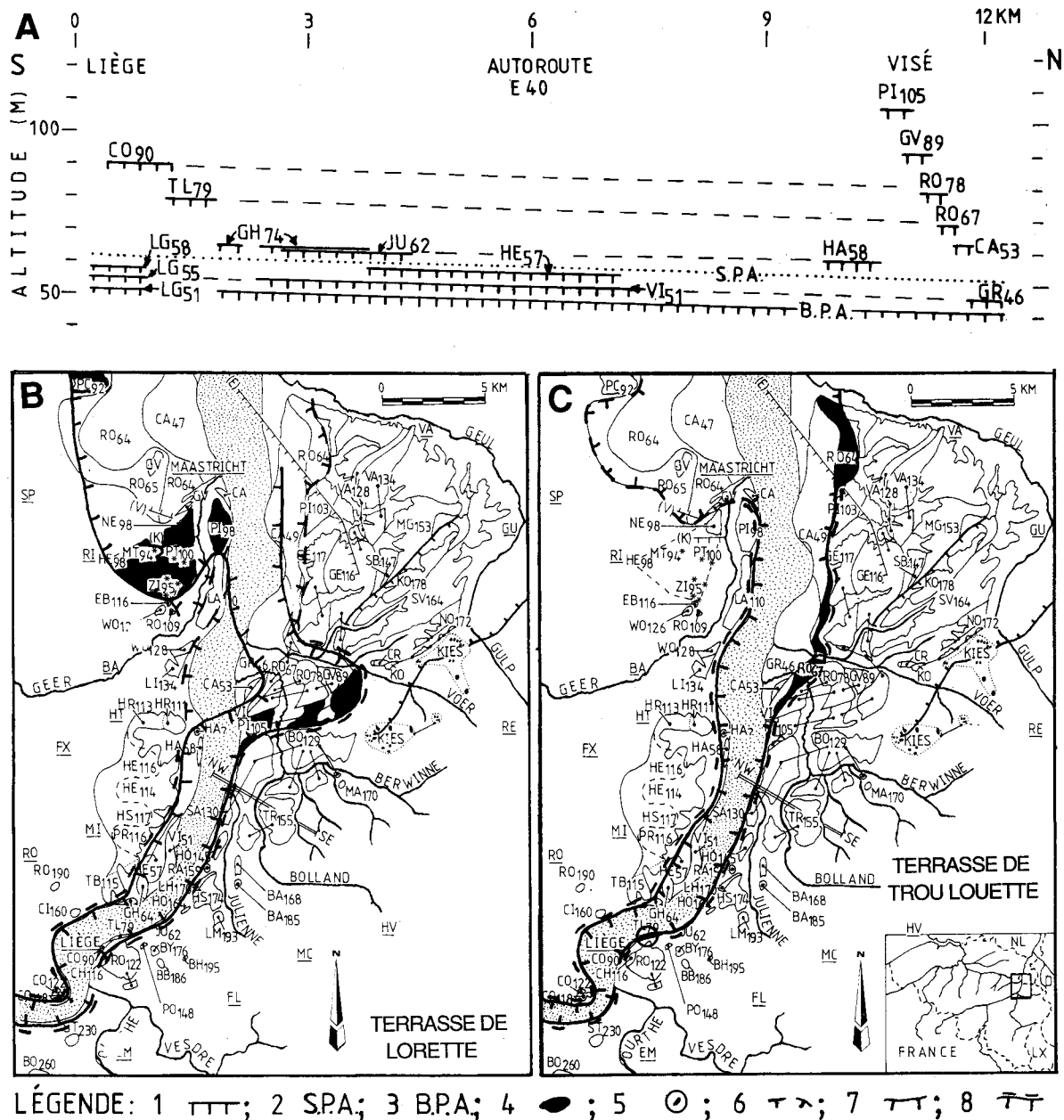


Fig. 6.- Les Basses et les Très Basses Terrasses de la Meuse.

A. Les raccords de Liège à Visé. Ce type de représentation est à nouveau utilisé (cf. fig. 2) dans la mesure où il n'existe pas de grand méandre encaissé dans les B.T. de ce tronçon. Les altitudes des bases mesurées dans le Méandre de Warsage ont été ramenées à l'entrée du méandre en supposant une pente de 0,5%. A l'endroit de la ville de Liège, les trois niveaux de bases de la plaine alluviale (LG₅₀, LG₅₅, LG₅₈) sont représentés d'après Gosset (1977). B. La Terrasse de Lorette. C. La Terrasse de Trou Louette.

Légende.- 1, base de lambeau de terrasse désigné conformément à la figure 1; 2, surface de la plaine alluviale; 3, base de la plaine alluviale; 4, lambeau appartenant à la terrasse représentée; 5, lambeau de faible extension au centre du cercle; 6, limite absolue de la terrasse, conformément aux paléoversants résiduels; 7, limite probable de la terrasse; 8, limite probable correspondant à la limite absolue. Le fond des cartes B et C correspond à la figure 1.

a) Le niveau inférieur est représenté par le lambeau VI₅₁ qui va de Herstal-centre (53 m) à Vivegnis (51 m); nous l'appelons T. de Vivegnis.

b) Le niveau intermédiaire se situe entre Herstal et Vivegnis (HE₅₇); nous l'appelons T. de Herstal.

c) Le niveau supérieur va de la gare de Herstal jusqu'à l'Usine FN (GH₆₄); il correspond au niveau T1 de la T. de Jupille.

Remarque.- Il existe à Herstal-Foxhalle un secteur où des contacts cailloutis/socle ont été observés à des altitudes un peu plus élevées (69 m à 74 m). Toutefois, le cailloutis pourrait consister en colluvions issues du lambeau de Hermée sus-jacent; il n'en est pas tenu compte ici.

Les 2 niveaux les plus bas (a, b) sont classés dans les T.B.T. (voir plus loin).

3°. Les B.T. à l'E de Visé.- Pour la région entre la Berwinne et la Voer (Méandre de Warsage), il n'existe qu'un résultat de sondage non cité par Felder *et al.* (1989). Le point d'implantation est au bord du plateau, et le contact cailloutis/socle y a été repéré à 86 m. Cette cote, comparée à GV₈₉ (à 1 km à l'aval), est à la limite de la tolérance acceptée dans ce travail (voir plus haut), mais elle peut aussi correspondre à la base de dépôts de pente.

8.1.4.- Les raccords (fig. 6A)

L'ensemble des résultats relatifs aux B.T. entre Liège et Visé conduit à distinguer les niveaux suivants, de haut en bas: 1) la T. de Lorette (PI₁₀₅); 2) La T. de Fouron-le-Comte (GV₈₉); 3) la T. de Cornillon (CO₉₀-RP₇₈); 4) la T. de Trou Louette (TL₇₉-RO₆₇); 5) la T. de Caberg (pas de localité sur le lambeau: CA₅₃); 7) la T. de Jupille (GH₆₄-JU₆₂-HA₅₈).

Remarques

1°. Dans la vallée de l'Ourthe, des cailloutis de 6 niveaux de terrasses ont été mis au jour (Juvigné, 1979) dans une tranche d'altitude où seulement 2 terrasses étaient connues antérieurement. Cette observation soutient l'idée de l'augmentation du nombre connu des B.T. de la Meuse à l'aval de Liège.

2°. Les corrélations proposées pour les B.T. inférieures ne correspondent pas à celles de la carte de Felder *et al.* (1989). En effet, celle-ci raccorde le lambeau HA₅₈ de Haccourt (T. de Jupille) à la T. de Rothem; pour nous, la T. de Jupille est environ 10 m plus bas que celle de Rothem à Visé (fig. 6A).

8.1.5.- Evolution du cours de la Meuse à l'époque des Basses Terrasses

Pour la reconstitution du cours de la Meuse, nous avons retenu 2 B.T. qui montrent chacune une modification importante.

1°. La T. de Lorette (fig. 6B).- Nous l'avons retenue parce qu'elle apporte plusieurs informations majeures. Les méandres de la T. de Hermée ont déjà disparu au niveau de cette B.T. supérieure. Plus à l'aval, 2 grands méandres subsistent: le M. de Warsage à l'E de Visé, et le M. de Mopertingen à l'W du Geer inférieur. Il faut remarquer que ce dernier s'amorce vers le SW, soit presque à contre sens de la direction générale d'écoulement. Le M. de Mopertingen s'ouvre sur le Plateau de Campine sans poser de difficulté pour le raccord altimétrique avec la base telle qu'elle existe à Gellick (PC₉₂).

Il subsiste néanmoins un problème pour la continuité du raccord dans le Plateau de Campine, car, à Gellick, la base est anormalement élevée par rapport aux altitudes de la base plus au N (par exemple: 74 m à Maasmechelen, soit 10 km au N; pente 0,9‰). On pourrait donc aussi envisager le raccord du Plateau de Campine avec une terrasse plus basse que celle de Lorette. En partant de la position de la base à Maasmechelen, suivant une pente de 0,5‰, on arrive à Visé (25 km au S) vers 86 m, c'est-à-dire entre les T. de Fouron-le-Comte et de Cornillon.

En résumé, il existe donc plusieurs types de raccords possibles pour le Plateau de Campine avec les terrasses de la Meuse liégeoise, dans l'ordre de probabilité: 1) avec la T. Fouron-le-Comte ou la T. de Cornillon; 2) avec la T. de Lorette; 3) avec la T. de Hermée.

2°. La T. de Trou Louette (fig. 6C).- Elle montre, qu'à ce niveau, le cours de la Meuse était semblable à l'actuel en Belgique à l'aval de Liège, mais qu'à Maastricht, un grand méandre subsistait.

9.- LES TRES BASSES TERRASSES (T.B.T.)

Dans le tronçon entre Maastricht et Maaseik, Paulissen (1973) a reconnu 3 terrasses dont les bases sont sous la s.p.a., et dont les surfaces sont individualisées par des abrupts d'environ 2 m de hauteur: 1) T. d'Eisden-Lanklaar; 2) T. de Maasmechelen; 3) T. de Geistigen. Nous appellerons T.B.T., celles qui dans la région liégeoise ont aussi leurs bases sous la s.p.a. (fig. 6A et 7).

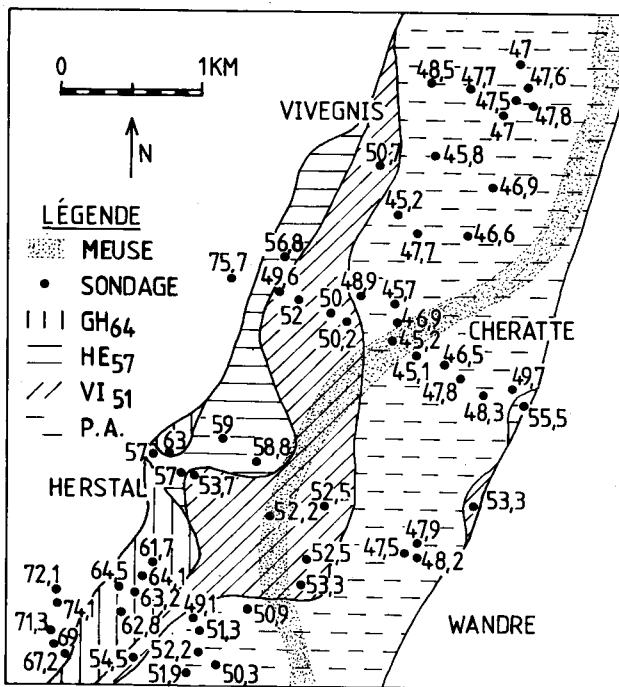


Fig. 7.- Les Très Basses Terrasses et la plaine alluviale de Herstal à Vivegnis (modifié d'après Gosset, 1977). Chaque point indique la position d'un sondage; il est accompagné de l'altitude de la base du cailloutis.

Les renseignements originaux sur l'altitude des bases sont extraits de Calembert (1964), Calembert *et al.* (1968); Calembert *et al.* (1974), Calembert & Lambrecht (1974).

Entre Liège et Visé, nous avons remarqué 2 replats qui sont environ 2 m plus haut que la s.p.a.: 1) à Herstal, depuis l'autoroute E40 jusqu'à l'ancien charbonnage de Basse Campagne; l'altitude de la base est connue à 50 m (BC₅₀), par le sondage de Gulinck & Graulich (1957); 2) à Haccourt à l'endroit du magasin Delhaize, l'altitude de sa base n'est pas connue (HA?).

L'ensemble des données de sondages effectués dans la plaine alluviale à Liège-ville (plus de 200) permet de distinguer 3 niveaux de bases différents, respectivement: 50 m à 52 m, 54 m à 55,5 m et 56 m à 58 m [Gosset (1977), d'après les travaux de Calembert *et al.* (1973), Calembert *et al.* (1974), Calembert & Lambrecht (1974)].

Dans la région entre Liège et Hermalle-s.-A. (fig. 6A), deux des niveaux décrits plus haut ont leurs bases respectives sous la s.p.a.: la T. de Herstal (HE₅₇), et la T. de Vivegnis (VI₅₁).

L'ensemble des observations rapportées ci-dessus implique que les T.B.T. soient discrètement apparentes dans le fond de la vallée de la Meuse liégeoise sous forme de replats développés environ 2 m plus haut que la s.p.a. Toutefois, en raison de l'épaisseur des remblais dans les zones construites, le ressaut échappe à l'observation.

Le niveau LG₅₈-HE₅₇ constitue la T. de Herstal; sa base est environ 9 m plus haut que celle de la plaine alluviale.

Le niveau LG₅₅-VI₅₁ est appelé T. de Vivegnis; sa base est environ 4 m plus haut que celle de la plaine alluviale.

10.- L'ÂGE DES TERRASSES

Dans la discussion qui suit, nous avons adopté l'ensemble de l'échelle chronostratigraphique de Zagwijn & Hager (1987) pour le Néogène, et celle de Imbrie *et al.* (1984) pour le Pléistocène. Une section de référence a été choisie entre Liège et Visé (fig. 1: coupe NW-SE).

10.1.- APPROCHE DE L'ÂGE ABSOLU DE QUELQUES TERRASSES

1°. Les cailloutis Onx (voir Macar, 1945)

D'une part, il existe un large consensus pour placer ces cailloutis dans le Néogène. La limite inférieure de cette période a été dictée par l'âge chattien attribué à des sables marins de Haute Belgique (Fourmarier, 1933; Macar & de Magnée, 1936; Bourguignon, 1954). Ces mêmes sables sont aujourd'hui classés dans le Tongrien (Demoulin, 1989). Ce changement permet d'étaler la mise en place des cailloutis Onx sur une période comprise entre 35 Ma et 2,3 Ma.

La Traînée mosane est le plus récent des cailloutis Onx (Macar, 1945), mais il n'existe dans la littérature aucun argument qui permette de préciser son âge au sein de la période précitée.

2°. Repérage de la transition Tertiaire/Quaternaire dans les terrasses

Il n'existe aucun travail traitant du cours de la Meuse qui présente des arguments pour situer la transition Tertiaire/Quaternaire dans la série de terrasses (fig. 8A).

Nous avons effectué des déterminations de galets de 4 cm à 6 cm de diamètre dans chaque terrasse en affleurement dans le tronçon compris entre Liège et Visé (fig. 8B). Les parts de galets de quartz sont particulièrement significatives: 1) dans les T.H.T., il en existe environ 50%; 2) dans les H.T., on passe progressivement de haut en bas de 50% à 20%; 3) dans les B.T., les valeurs sont stabilisées vers 20%. Dans les terrasses aux Pays-Bas, une régression progressive des parts de quartz a été mise en évidence dans les galets de la classe comprise entre 5 mm et 20 mm. Une tendance identique a été observée dans la répartition stratigraphique du rapport «minéraux résistants/ minéraux altérables» (Bustamante-Santa Cruz, 1973, 1990).

Les variations stratigraphiques rapportées ci-dessus peuvent s'expliquer comme suit:

a) On accepte généralement qu'au Tertiaire le climat était, dans nos régions, chaud et humide, et

responsable d'une intense altération des roches. Pendant l'édification des T.H.T. (50% de quartz), l'altération pénétrait plus vite dans le substratum que les cours d'eau ardennais ne s'y encaissaient. L'horizon supérieur du substratum paléozoïque désagrégé fournissait essentiellement du quartz, du quartzite, tandis que le Crétacé et l'Oligocène livraient leurs galets de silex.

b) Le Quaternaire est connu pour ses climats alternativement froids et tempérés à chauds; c'est une Période de moindre altération chimique des roches. Les facteurs d'altération chimique pénétraient donc moins vite dans le substratum ardennais, et les cours d'eau y ont rapidement atteint le Paléozoïque frais. Ceci justifie l'augmentation progressive des parts de roches moins résistantes sous la T. de Trembleur (50 à 20% de quartz). Quant aux minéraux denses altérables, ils apparaissent dans un niveau équivalent dans le Limbourg néerlandais (T. de Margraten: Zonneveld, 1956), et dans un niveau très proche entre Liège et Visé (T. de Bombye: Bustamante-Santa Cruz, 1973).

c) Pendant l'édification des B.T., le réseau hydrographique s'écoulait essentiellement dans le Paléozoïque frais. Dès lors, les parts de quartz sont réduites aux environs de 20%, et les minéraux altérables constituent les parts essentielles des minéraux denses des fractions sableuses (Bustamante-Santa Cruz, 1973).

En conséquence, la transition Tertiaire/Quaternaire devrait être placée avant que ne se manifeste le début de la diminution des parts de quartz, et de l'augmentation des parts de minéraux altérables, c'est-à-dire au niveau de la T. de Trembleur ou un peu plus haut. Suivant ce modèle, la capture de la Meuse par le Ru. de Visé est donc proche de la transition Pliocène/Pléistocène, et les T.H.T. doivent être réparties dans le Tertiaire post-Tongrien soit de 35 Ma à 2,3 Ma.

3°. Approche de l'âge du lambeau de terrasse de Cadier en Keer/NL

Un échantillon de poudingue à ciment calcaire a été prélevé vers 1935 dans le lambeau de terrasse de Cadier en Keer par le Professeur P. Macar (échantillon 3844 du Musée de l'Institut de Géographie Physique de l'Université de Liège). D'après les renseignements disponibles concernant le lieu de prélèvement, le lambeau échantillonné pourrait appartenir aussi bien au niveau de la T. d'Eben-St Geertruid qu'à celui de la T. de Hermée (fig. 8).

Une datation Th/U du ciment a été réalisée récemment par M. Gewalt (U.Lg. et Centre de l'Énergie nucléaire à Mol) qui nous autorise à faire ici mention de ses résultats avant leur publication détaillée. D'une part, malgré la contamination

importante de l'échantillon par du thorium exogène d'origine détritique ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} < 1$), il a été établi que la cimentation du cailloutis est plus ancienne que 350 ka. D'autre part, comme le rapport $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ n'a pas encore atteint l'équilibre, l'échantillon est certainement plus jeune que 1,5 Ma environ. En utilisant des valeurs théoriques du rapport initial ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) variant de 2 et 3, le calcul donne un âge compris entre 620 ka et 1,1 Ma (M. Gewalt, communication écrite). Nous insistons sur le fait que les fourchettes d'âges déterminées ci-dessus sont applicables à la cimentation du poudingue, et qu'elles constituent de ce fait des valeurs minimums pour la terrasse elle-même.

4°. Dans quelle terrasse de la Meuse se trouve l'inversion magnétique Matuyama/Brunhes (730 ka) ?

D'après Zonneveld (1975), la partie septentrionale du cailloutis du Plateau de Campine est coalescente avec la Formation de Sterksel (Rhin), et cette dernière contient l'inversion Matuyama/Brunhes (Zagwijn *et al.*, 1971) qui existe également dans la Jungere Hauptterrasse du Rhin à Kärlich (Koci *et al.*, 1973).

D'après la carte de Felder *et al.* (1989), l'inversion magnétique se situe entre les terrasses de St Geertruid et de St Pietersberg. Cette interprétation est évidemment étroitement dépendante de la corrélation de ces deux terrasses avec celles de la Meuse et du Rhin plus au N. Les 2 terrasses précitées correspondent respectivement à celles d'Eben et de Lorette.

Pour placer l'inversion magnétique M/B dans la succession des terrasses de la région liégeoise, il faudrait soit y faire des recherches paléomagnétique, soit résoudre le problème de leur corrélation avec le Plateau de Campine (voir plus haut). La figure 8C tient compte de l'incertitude qui subsiste actuellement sur cette corrélation.

Nous souhaitons néanmoins insister sur la cohérence des données chronostratigraphiques issues d'une part de la datation Th/U du lambeau de Cadier en Keer (voir plus haut), et d'autre part de la position de l'inversion paléomagnétique B/M discutée dans ce chapitre.

5°. L'âge de la Terrasse de Caberg

Des silex provenant d'un site archéologique installé sur les sables fluviaux supérieurs de la T. de Caberg à la briqueterie du Belvédère (Maastricht) ont été datés d'environ 270 ka (Huxtable & Aitken, 1985).

6°. L'âge de la T. d'Eisden-Lanklaar

La T. d'Eisden-Lanklaar s'est formée pendant la glaciation Riss II (Paulissen, 1973), soit entre

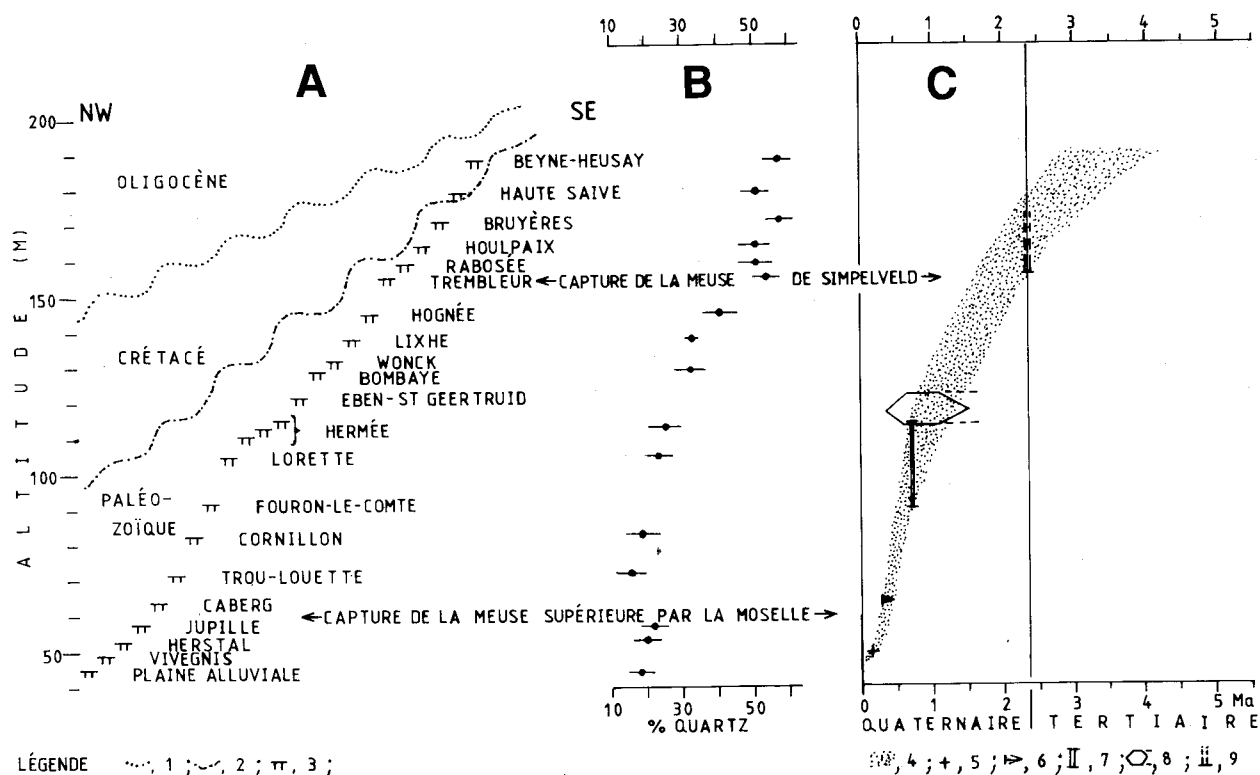


Fig. 8.- Evolution verticale du cours de la Meuse suivant une section de référence choisie à la hauteur de Trembleur (voir fig. 1: NW-SE).
 A. Altitude théorique des terrasses. Légende.- 1, limite approximative du contact Oligocène/Crétacé; 2, limite approximative du contact Crétacé/Paléozoïque; 3, base de terrasse.

B.- Parts des quartz parmi les galets de 4 cm à 6 cm de longueur dans différentes terrasses entre Liège et Visé (150 à 300 galets ont été déterminés). Le point représente le pourcentage de quartz, et la barre horizontale, un écart-type.

Remarque.- Dans la terrasse de Lixhe, il existe environ 12 % de silex (Juvigné & Renard, 1991), dont l'origine est locale (Crétacé). Pour la comparaison avec les données des autres terrasses, la part des quartz de cette terrasse a été recalculée en tenant compte de 1 % de silex qui est une part habituelle pour les dépôts de la Meuse, juste avant d'entrer en contact avec le Crétacé.

C.- Estimation de la vitesse d'encaissement. Ce graphique est basé sur l'échelle chronostratigraphique de Zagwijn & Hager (1987) pour le Néogène, et celle de Imbrie *et al.* (1984) pour la chronozonation du Pléistocène.

Légende.- 4, champ de l'âge des terrasses basé sur les données suivantes; 5, âge de la T. d'Eisden-Lanklaar d'après la position stratigraphique déterminée par Paulissen (1973); 6, âge minimum de la T. de Carberg (Huxtable & Aitken, 1985); 7, domaine de la position stratigraphique probable de l'inversion magnétique Matuyama/Brunhes (730 ka) dans la série de terrasses; 8, en trait plein, champ délimitant l'âge TH/U du ciment de la T. de Cadier en Keer, et en trait interrompu le prolongement de ce champ tenant compte de l'antériorité de la mise en place du gravier (Gewelt, inédit); 9, position supposée de la transition Tertiaire/Quaternaire (2,3 Ma) dans la série de terrasses.

125 ka et 175 ka. Dans la série des terrasses de la Meuse liégeoise, elle n'a pas été repérée avec précision. Aucun minéral de la Téphra de Rocourt (Juvigné, 1977) n'a été trouvé dans quatre échantillons de sables provenant de la T. de Vivegnis à l'endroit de l'ancien charbonnage de Basse Campagne à Herstal. Or, la retombée volcanique correspondante a eu lieu à un moment non encore précisé entre 62 ka et 110 ka (Juvigné & Gewelt, 1988). Ceci laisse la possibilité de corréliser la T. de Vivegnis avec celle d'Eisden-Lanklaar.

Le lambeau d'Eisden (GR₄₆, T. de Gronsveld) qui vient jusqu'à Mouland et la gare de Visé (Felder *et al.*, 1989), fait partie des T.B.T., et probablement de la T. de Vivegnis. La base s'y trouve à 46 m, soit environ 6 m sous la s.p.a. D'après Felder *et al.* (1989), ce lambeau fait partie de la T. d'Eisden-

Lanklaar décrite par Paulissen (1973), mais pour Zonneveld (1975), il correspond à la T. de Maasmechelen (voir plus loin).

7°. L'âge de la T. de Maasmechelen

La T. de Maasmechelen s'est formée pendant la dernière glaciation (Paulissen, 1973), soit après 70 ka. Sur la carte de Felder *et al.*, 1989, il s'agit du niveau Om1. La présence de minéraux remaniés de la Téphra de Rocourt dans le lambeau type de Maasmechelen (Juvigné, in Pissart, 1975) est en accord avec cette position chronostratigraphique.

Dans l'Ourthe inférieure un lambeau du même type (sommet 2 m au-dessus de la s.p.a., et base 2 m en-dessous de celle-ci) a été corrélié avec la T. de Maasmechelen grâce à la présence dans

chacun, de minéraux de la Téphra de Rocourt. Il en résulte que la base de la terrasse weichselienne de la Meuse entre Liège et Visé doit être très proche de celle de la T. de Vivegnis.

10.2.- LA VITESSE D'ENCAISSEMENT DE LA MEUSE ENTRE LIEGE ET VISE

La figure 8C montre que la vitesse d'encaissement du réseau hydrographique prémosan, puis de la Meuse, a varié.

1°. Au cours du Néogène.- Il est peu probable que l'épaisseur des dépôts oligocènes ait atteint de nombreuses dizaines de mètres à l'endroit du transect de référence. En conséquence, l'érosion pendant le Tertiaire post-Tongrien (35 Ma-2,3 Ma), a été de l'ordre du mm/ka. Un accroissement de vitesse a été représenté dans le Néogène supérieur (fig. 8C); il tient compte de la réponse de la Meuse à l'accroissement de débit consécutif à l'extension de son bassin par la capture de la Meuse lorraine (Pissart, 1961, 1975). Cet auteur a montré que cette capture est survenue avant la Trainée mosane, mais aucun argument ne permet d'en préciser davantage le moment (Pissart, 1985). A ce jour, il n'existe non plus aucun argument qui permette de préciser l'âge de la Trainée mosane au sein du Néogène (voir plus haut).

2°. Pendant le Quaternaire, la vitesse moyenne a été d'environ 4 cm/ka.- La vitesse d'encaissement de la Meuse liégeoise s'est donc accrue alors qu'elle-même et ses affluents passaient d'une couverture meubles (craie crétacée, sable oligocène et socle paléozoïque altéré), aux roches fraîches et dures du Paléozoïque. Aucune extension du bassin n'étant connue au cours des T.H.T. et des H.T., l'accroissement de la vitesse moyenne d'encaissement du Tertiaire au Quaternaire peut s'expliquer par une accélération du soulèvement du Massif Ardenne-Eifel (Fuchs *et al.*, 1983) et/ou de l'affaissement du Graben de Roermond, faisant office de niveau de base partiel.

3°. Sous le groupe des terrasses de Hermée, Fouron-le-Comte et Cornillon, l'encaissement s'est nettement accéléré, et la vitesse moyenne de creusement vertical a été d'environ 10 cm/ka.

4°. Entre la T. d'Eisden-Lanklaar (= T. de Gronsveld?) et la plaine alluviale actuelle, la vitesse moyenne a considérablement baissé pour passer à moins de 2 cm/ka. Aux causes habituelles de variations (climatiques, glacio-eustatiques, tectoniques), il faut ajouter ici l'influence probable de la capture de la Meuse supérieure par la Moselle, qui a provoqué une diminution du débit de la Meuse. Cet événement a été placé juste

après l'abandon de la terrasse de Caberg par la Meuse (Zonneveld, 1956; Bustamante-Santa Cruz, 1973).

11.- CONCLUSION

En rassemblant les données des travaux de Macar (1938, 1957), de Felder *et al.* (1989) et nos observations personnelles, nous avons élaboré un nouveau modèle de l'évolution du cours de la Meuse en Belgique en aval de Liège. 23 niveaux de terrasses ont été distingués, et un lambeau de référence a été choisi dans le tronçon belge, car des incertitudes subsistent dans les corrélations proposées avec les terrasses connues aux Pays-Bas.

Pour la première fois, les raccords entre lambeaux ont été tentés en tenant compte de l'existence de plusieurs grands méandres encaissés qui se sont développés en différents endroits, tantôt vers l'E (Mortroux, Warsage), tantôt vers l'W (Lixhe, Hauts-Sarts, Heure-le-Romain, Mopertingen). La tendance générale de leur disparition par recoupement ou rétrogradation s'est faite de l'amont vers l'aval.

Les auteurs qui se sont préoccupés des causes de formation des terrasses de la Meuse ont retenu suivant les niveaux une origine climatique, glacio-eustatique ou tectonique. Ces causes fondamentales restent dominantes, mais en plus, il faut maintenant prendre en considération les recoupements de méandres. En effet, chaque fois qu'un méandre de 10 km s'est recoupé dans la Meuse inférieure, une chute d'environ 5 m a déclenché l'érosion régressive, et de ce fait une terrasse s'est formée. Cette théorie nous paraît particulièrement indiquée pour expliquer des terrasses altimétriquement très proches (ex. les 3 niveaux de la T. de Hermée).

L'évolution du cours de la Meuse pendant la période des T.H.T. implique un léger basculement vers le SW de la vallée de Simpelveld. Ce basculement a provoqué le déversement de la Meuse dans le bassin du Geer. Cet événement a été placé au niveau de la T. de Trembleur, et probablement assez près de la transition Tertiaire/Quaternaire. Cette capture une fois réalisée, la Meuse a glissé rapidement vers l'W, sans doute en relation avec la continuation du soulèvement de la région de Simpelveld et aussi un soulèvement général de l'Ardenne. Au cours de ce glissement la vallée s'est considérablement élargie à l'aval de Visé, et un ancêtre du Plateau de Campine a pu exister dès le niveau de la T. d'Eben-St Geertruid.

Une étude sédimentologique a permis de justifier la répartition des terrasses par rapport à la transition Tertiaire/Quaternaire.

En ce qui concerne la période postérieure à la T. de Hermée, nous n'avons pas vu la nécessité d'invoquer des déformations tectoniques entre Liège et Maastricht, et ceci contrairement à des travaux antérieurs (Macar, 1938, 1957; Felder *et al.*, 1989). Toutefois, le comportement de la Meuse à l'W de l'interfluve Meuse-Geer est inattendu, notamment à l'époque des B.T., dans la mesure où des méandres se sont développés vers le SW, donc presque à l'opposé du sens général d'écoulement.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très vivement les Professeurs A. Pissart (ULg) et E. Paulissen (K.U.L.) d'avoir effectué une lecture critique de notre manuscrit et notre collègue M. Gewelt d'avoir autorisé la diffusion d'un de ses résultats inédits.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURGUIGNON, P., 1954.- Les sables des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 77: 201-241.
- BUSTAMANTE-SANTA CRUZ, L., 1973.- Les minéraux des alluvions sableuses du bassin de la Meuse. Thèse de Doctorat, Katholieke Universiteit te Leuven, Faculteit der Wetenschappen, Leuven: 355p.
- BUSTAMANTE-SANTA CRUZ, L., 1990.- On the correlation of the Meuse terraces with the Eifel volcanic ashes. *Natuurwet. Tijds. (Gent)*, 72: 14-21.
- CAILLEUX, A. & TRICART, J., 1959.- Etude des sables et des galets, T. I, II, III, C.D.U., Paris, 576p.
- CALEMBERT, L., 1955.- Géologie, Mine et Urbanisme dans le pays de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 78: 429-459.
- CALEMBERT, L., 1964.- Observations dans la plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège. *Publ. du Serv. géol. de Lux.*, 14: 115-135.
- CALEMBERT, L., FAGNOUL, A., MONJOIE, A., POLO CHIAPOLINI, C., SCHROEDER, C., CAJOT, O. & DARIMONT, A., 1975.- Carte géotechnique 42.2.7 Liège. Institut géotechnique de l'Etat. 7 cartes et notice explicative, 52p., Bruxelles.
- CALEMBERT, L. & LAMBRECHT, L., 1974.- 50 sondages dans le secteur nord de la ville de Liège. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1974/9: 1-88.
- CALEMBERT, L., LAMBRECHT, L. & MONJOIE, A., 1974.- 75 sondages au Sud de Liège, sur la rive gauche de la Meuse. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1974/8: 1-121.
- CALEMBERT, L., MONJOIE, A. & LAMBRECHT, L., 1973.- 64 sondages au centre de la ville de Liège. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1973/12: 1-106.
- CALEMBERT, L., PEL, J. & LAMBRECHT, L., 1968.- Constitution de la plaine alluviale de la Meuse en aval de Liège, à Herstal, Jupille, Wandre, Cheratte et Vivegnis. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1968/12: 1-22.
- DEMOULIN, A., 1989.- Les transgressions oligocènes sur le Massif Ardenne-Eifel. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 112: 215-224.
- EK, C., 1957.- Les terrasses de l'Ourthe et de l'Ambève inférieures. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 80: B210-220.
- FELDER, W.M., BOSCH, P.W. & BISSCHOPS, J.H., 1989.- Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving. Afzettingen van de Maas. *Rijks Geologische Dienst, Haarlem, Nederland*.
- FOURMARIER, P., 1933.- Observations sur les dépôts tertiaires des environs de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 57: B178-189.
- FUCHS, K., GEHLEN von, K., MAELZER, H., MURAWSKI, H. & SEMMEL, A., 1983.- Plateau Uplift. The Rheinisch Schield. A case study. Springer-Verlag, Berlin, 411 p.
- GOSSET, F., 1977.- Les raccords des terrasses de la Meuse dans la région liégeoise. Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Mémoire de Licence inédit, Liège, 239p.
- GRAULICH, J.-M., 1975.- Le sondage de Bolland. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1975/9: 1-12.
- GULINCK, L. & GRAULICH, J.-M., 1957.- Coupe géologique de la vallée de la Meuse en aval de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 81: 95-102.
- HALET, F., 1932.- La Géologie du flanc occidental de la vallée de la Meuse à l'Ouest de l'enclave de Maastricht d'après les sondages d'étude du Canal Albert. *Bull. Soc. belge Géol.*, 42: 195-225.
- HUXTABLE, J. & AITKEN, M.J., 1985.- Thermoluminescence dating results for the Paleolithic site Maastricht-Belvédère. *Med. rijks geol. Dienst*. 39 (1): 41-44.
- IMBRIE, J., HAYS, D., MARTINSON, D.G., McINTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L. & SHAKLETON, N.J., 1984.- The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine ¹⁸O record. In *Milankovich and Climate*, éd. A. Berger *et al.*: 269-306.
- JUVIGNÉ, E., 1963.- La région du coude de l'Ourthe à Noisieux. Etude de géomorphologie, Contribution à l'élaboration de la carte géomorphologique de la Belgique. Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Mémoire de Licence inédit, Liège: 94p.
- JUVIGNÉ, E., 1977.- Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 100: 13-22.
- JUVIGNÉ, E., 1979.- L'encaissement des rivières ardennaises depuis le début de la dernière glaciation. *Z. Geomorph.*, 23: 291-300.
- JUVIGNÉ, E., 1992.- Les formations cénozoïques de la carrière C.B.R. du Romont (Eben/Bassenge, Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, ce fascicule.
- JUVIGNÉ, E. & GEWELT, M., 1988.- Téphra et dépôts des grottes: Intérêt stratigraphique réciproque. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 111: 135-140.
- JUVIGNÉ, E. & RENARD, F., 1991.- Les formations post-crétacées de la carrière C.B.R. à Lixhe/Visé (Belgique). *Bull. Soc. belge Géol.*, sous presse.
- KOCI, A., SCHIRMER, W. & BRUNNACKER, K., 1973.- Paläomagnetische Daten aus dem mittleren Pleistozän des Rhein-Main-Gebietes. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1973: 545-554.
- LAMBRECHT, L. & BOUCKAERT, J., 1973.- Sondages à Hermalle-sous-Argenteau. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper*, 1973/2: 1-18.
- MACAR, P., 1938.- Compte rendu de l'excursion du 24 avril 1938, consacrée à l'étude des terrasses de la Meuse entre Liège et l'Ubagsberg (Limbourg hollandais). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 61: B187-217.

- MACAR, P., 1945.- La valeur, comme moyen de corrélation, des cailloux d'oolithe silicifiée et l'origine des graviers dits «Onx» des Hautes-Fagnes. *Bull. Soc. belge Géol. Pal. et Hydr.*, 54: 214-253.
- MACAR, P., 1957.- Résultats d'ensemble d'études récentes sur les terrasses fluviales et les formes d'érosion associées en Haute Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 80: B395-412.
- MACAR, P. & de MAGNÉE, I., 1936.- Données nouvelles sur les sables des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 59: B263-288.
- MACAR, P. & MEUNIER, J., 1955.- La composition de la «Trainée mosane» et ses variations. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 78: B61-88.
- MACAR, P., PISSART, A., PAULISSEN, E., KUYL, O. & ZONNEVELD, J.I.S., 1975.- Les terrasses de la Meuse au Nord de Liège, Compte rendu de l'excursion du jeudi 12 septembre 1974. *In: L'Evolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du nord méridionale*, Centenaire de la Société géologique de Belgique, P. Macar, éd., Liège: 297-308.
- PAULISSEN, E., 1973.- Morfologie en Kwartair-stratigraphie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. Kath. Univ. Leuven, Proefschrift, Leuven: 287p.
- PEL, J., 1968.- Observations sur la Terrasse de Cointe (Site de l'Observatoire). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 90: B677-686.
- PEL, J. & BRUMAGNE, D., 1964.- Observations sur quelques lambeaux de terrasses de la Meuse en aval de Liège. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 86: B579-587.
- PISSART, A., 1961.- Les Terrasses de la Meuse et de la Semois. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 84: M1-108.
- PISSART, A., 1964.- Contribution à la connaissance des Graviers liégeois. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 87: B307-322.
- PISSART, A., 1975.- La Meuse en France et en Belgique, formation du bassin hydrographique, les terrasses et leurs enseignements. *In: L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale*, P. Macar, éd. Centenaire de la Société géologique de Belgique, Liège: 105-131.
- RENARD, F., 1980.- Etude des terrasses de la Meuse liégeoise entre Cointe et Lixhe. Leurs raccords avec les terrasses en amont et en aval. Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Mémoire de Licence inédit, 202p.
- ZAGWIJN, W. & HAGER, H., 1987.- Correlations of continental and marine Neogene deposits in the South-Eastern Netherlands and the lower Rhine district. *Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol.*, 24: 59-78.
- ZAGWIJN, W. van MONTFRANS, H. & ZANSTRA, J., 1971.- Subdivision of the Cromerian in the Netherlands; pollen-analysis, paleomagnetism and sedimentary petrology. *Geologie en Mijnbouw*, 50: 41-58.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1956.- Schwermineralgesellschaften in Niederrheinische Terrassen-Sedimenten. *Geologie en Mijnbouw*, 18: 359-401.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1957.- River terraces and Quaternary Chronology in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 19: 277-285.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1975.- The Terraces of the Maas (and the Rhine) downstream of Maastricht. *In: L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale*, P. Macar, éd. Centenaire de la Société géologique de Belgique, Liège: 34-157.