

Etienne Juvigné, Yannick Delvenne et Alain Demoulin

L'évolution du cours de la Warche au cours des trente derniers millions d'années



Recueil de sept articles publiés dans la revue "Hautes Fagnes" en 2004 et 2005

- E. Juvigné, 2004. L'évolution du cours de la Warche depuis 30 millions d'années : état des connaissances en 2003. *Hautes Fagnes*, 254 (2004/2) : 48-55.
- A. Demoulin, Y. Delvenne et E. Juvigné 2004. Les cours hypothétiques de la Warche pendant le Tertiaire et le Quaternaire ancien. *Hautes Fagnes*, 255 (2004/3) : 80-83.
- Y. Delvenne, A. Demoulin et E. Juvigné, 2004. L'évolution géomorphologique dans le secteur de l'ancienne confluence Warche-Trô Maret. *Hautes Fagnes*, 256 (2004/4) : 101-105.
- E. Juvigné et Y. Delvenne, 2005. La capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix. *Hautes Fagnes*, 257 (2005/1) : 21-25.
- E. Juvigné et Y. Delvenne, 2005. La capture du Trô Maret et ses conséquences sur le paysage régional. *Hautes Fagnes*, 258 (2005/2) : 25-29.
- E. Juvigné et Y. Delvenne, 2005. Les dernières traces du cours de la Warche dans la vallée inférieure de l'Eau Rouge. *Hautes Fagnes*, 259 (2005/3) : 26-29.
- Y. Delvenne, A. Demoulin et E. Juvigné, 2005. Le profil enfoui de la Warche dans la vallée des Chôdires et de l'Eau Rouge. *Hautes Fagnes*, 260 (2005/4) : 21-25.



Titre de la photo de couverture : La zone de l'actuelle confluence entre le Trô Maret et la Warche à Bévercé. La vallée en V du Trô Maret est au centre de la photo ; elle descend du plateau des Hautes Fagnes qui constitue la ligne d'horizon. Jusqu'à la veille de sa capture, la Paléowarche venait de la droite à hauteur du patelin perché sur un replat, et empruntait l'actuelle vallée du Trô Maret inférieur vers les Chôdières à l'arrière-plan de l'incision en V.

HOMMAGE AU PROFESSEUR A. PISSART

C'est au cours de la réalisation de son mémoire de licence en sciences géographiques en 1953 que l'étudiant Albert Pissart est arrivé à la conclusion que le Trô Maret avait dû couler dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge, et avait été capturé par un affluent de rive droite de la Warche dont la confluence se trouvait à Bévercé.

En 1982, le Professeur Albert Pissart a démontré que la Warche avait, elle aussi, coulé dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge, et que cela impliquait une capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix.

Au cours des trente dernières années, le Professeur Pissart a su motiver plusieurs chercheurs qui ont travaillé sur des conséquences morpho-sédimentaires des deux captures.

Il résulte de l'ensemble des travaux qu'il a suscités, que la vallée des Chôdières constitue le piège sédimentaire le plus important du massif des Hautes Fagnes, où se trouve enregistrée l'évolution de l'environnement régional depuis le début de la dernière glaciation.

C'est pour cet ensemble de raisons que le présent fascicule lui est dédié.



REMARQUES PRÉLIMINAIRES

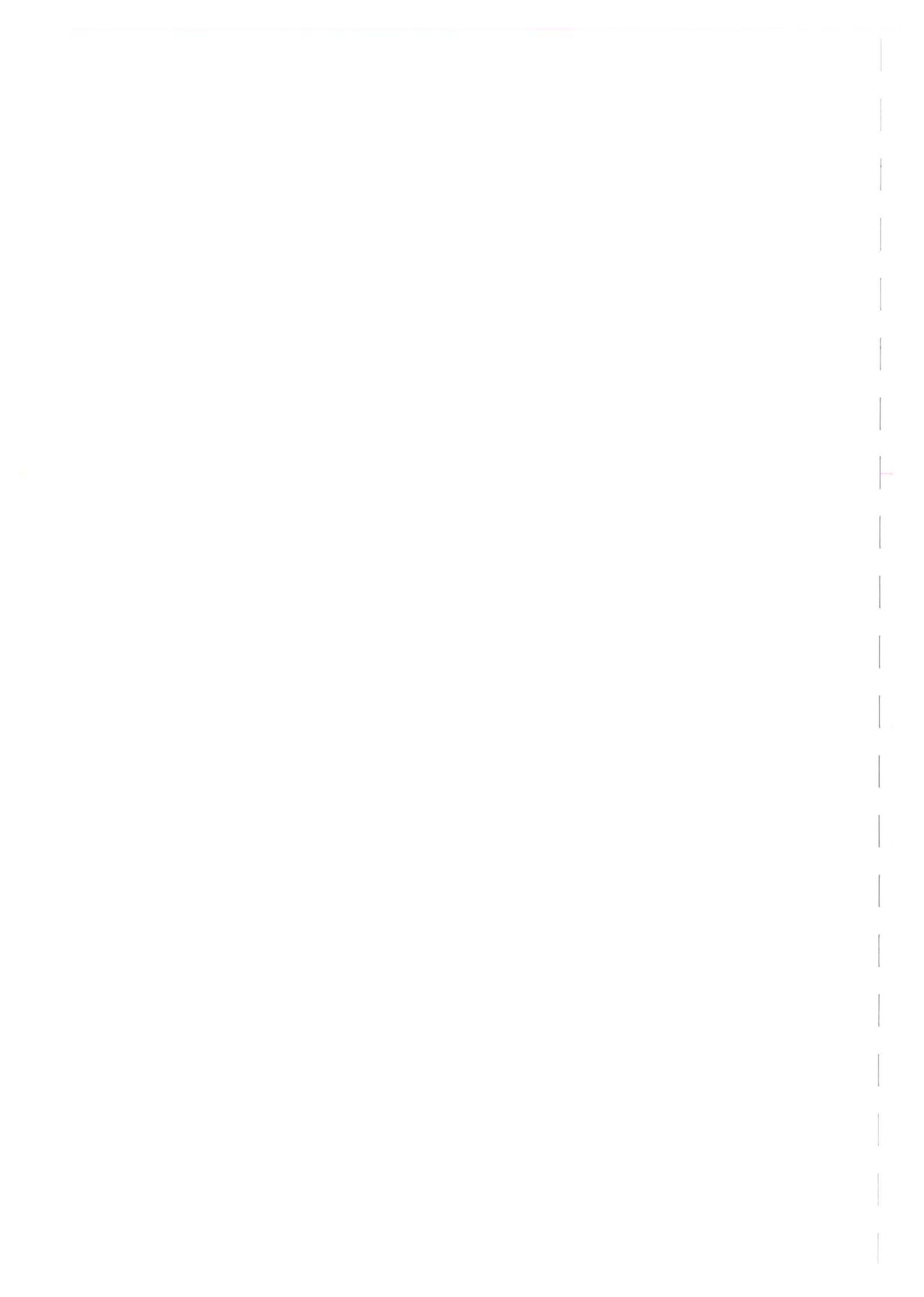
Quelques aménagements mineurs ont été apportés aux différents articles qui ont été publiés dans la revue 'Haute Fagnes'.

Pour n'avoir pas à modifier totalement la mise en page des articles originaux, les introductions propres aux sept articles ont été conservées : elles paraîtront redondantes à ceux qui liront le présent fascicule en une seule fois.

Par contre les sept listes de références bibliographiques ont été regroupées en une seule.

Le lecteur ne s'étonnera pas de ne voir apparaître les illustrations en couleurs qu'en cours de fascicule, elles ont été adoptées systématiquement par la revue Hautes Fagnes en 2005.

A la suite des sept articles, nous avons repris dans une conclusion générale, les grandes étapes de l'évolution du cours de la Warche que nous avons choisi de privilégier, et nous nous permettons aussi d'écarter des hypothèses antérieures qui nous sont apparues peu vraisemblables.



avoir été façonnée par un cours d'eau beaucoup plus puissant "aux temps post-triasiques" (NDR : au cours des 200 derniers millions d'années). Il a aussi trouvé "bien étrange de voir la Warche cesser de couler en ligne droite et dévier, à Pont-à-Warche de sa route naturelle, ...". Ces observations supposent que la Warche a été *capturée** à hauteur de Pont-à-Warche à une altitude supérieure à celle du col actuel (375 m), qui constitue la tête de vallée du Rustave (figure 2). NDR. * Lorsque deux cours d'eau entrent en contact, celui qui a l'altitude la plus basse détourne les eaux de l'autre dans son propre lit ; c'est le phénomène de *capture*.

Pissart (1953) a découvert que le Trôs Maret supérieur coulait anciennement dans les vallées actuelles des Chôdières et de l'Eau Rouge. Il a expliqué le détournement par une capture due à un petit affluent de la Warche à Bévercé qui, évoluant par érosion régressive, a fini par amputer le Trôs Maret, au lieu-dit du même nom (figure 3). Il a situé la capture "à une époque géologique récente", en raison de la bonne conservation des évidences morpho-sédimentaires. Ses arguments étaient : 1) l'existence d'un profil de reprise d'érosion dans le Trôs Maret supérieur ; 2) la disproportion entre la très large vallée des Chôdières et son ruisseau actuel ; 3) une accumulation sédimentaire exceptionnelle dans la vallée des Chô-

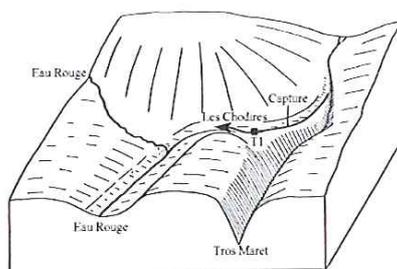


Fig. 3 : la capture du Trôs Maret par un petit affluent de la Warche à Bévercé (d'après Pissart [1953], modifié). La flèche courbée retrace l'itinéraire du Trôs Maret avant sa capture.

dières ; 4) le raccord d'un niveau de terrasse du Trôs Maret supérieur avec le fond de l'actuelle vallée des Chôdières.

Il a creusé une tranchée dans le col de capture (fig.3 : T1). Il en décrit la coupe comme suit : "Nous nous sommes arrêtés à une profondeur de 2,7 m, en n'ayant rencontré qu'un limon jaune englobant des débris de quartzite et de phyllade reviniens apportés par des agents de transport en masse. Au point le plus bas de notre fouille, nous avons trouvé plusieurs cailloux de quartzite indubitablement roulés".

Commentaire

L'observation citée en dernier lieu ("cailloux de quartzite indubitablement roulés") était de toute évidence, à l'époque, à rattacher au passage antérieur du Trôs Maret. Nous montrerons plus loin que cette

même observation fort importante peut être interprétée différemment.

Goossens (1956) a reconstitué des *niveaux d'aplanissement** dans les bassins de la Warche et de l'Amblève supérieure ; il en a distingué sept de 590 m à 440 m d'altitude (figure 4). Parmi eux, ceux étagés de 590 m à 500 m sur la retombée méridionale du plateau des Hautes Fagnes devaient se raccorder à des plaines alluviales successives de la Warche, qui, quelque peu plus au sud du niveau correspondant, devait couler pratiquement en ligne droite de l'Est vers l'Ouest, suivant un itinéraire passant successivement de Robertville à Mont-Xhöffraix et Ster, puis l'actuelle vallée du Roannay. A l'appui du passage de la Warche dans la vallée du Roannay, Goossens a invoqué la taille anormalement grande de la vallée du Roannay par rapport à son ruisseau.

NDR. * *Un niveau d'aplanissement* est une surface subhorizontale virtuelle reconstituée en raccordant des replats qui en sont la trace. On considèrerait à l'époque que de telles surfaces avaient été façonnées essentiellement par les agents d'érosion et de transport qui agissent sur les versants et apportent leurs matériaux aux rivières.

Pour passer au réseau actuel de la Warche, Goossens a proposé deux captures successives : 1) l'une par érosion régressive du Rustave,

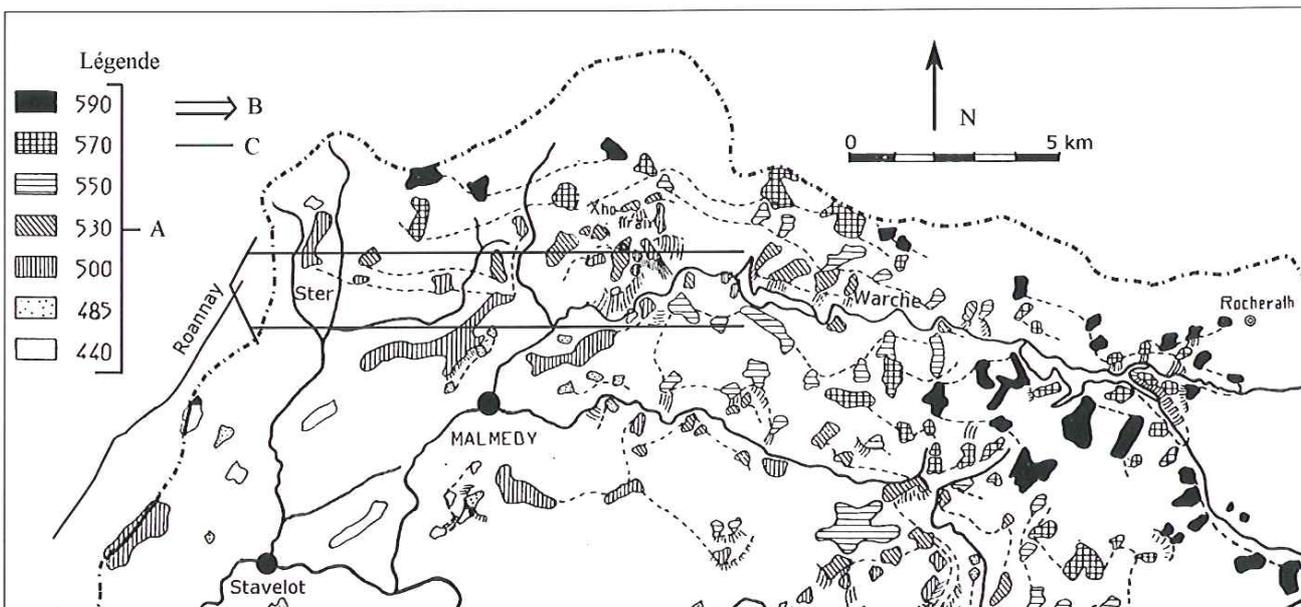


Fig. 4 : les niveaux d'aplanissement du bassin de la Warche [d'après Goossens (1956), modifié]. Explication : le fond de carte est une partie de la figure originale de Goossens ; la flèche à double trait a été ajoutée ; elle représente le couloir dans lequel devait se trouver la Warche qui, au-dessus de 500 m, pouvait passer dans la vallée du Roannay par l'actuel col du Pont du Trou Hennet.

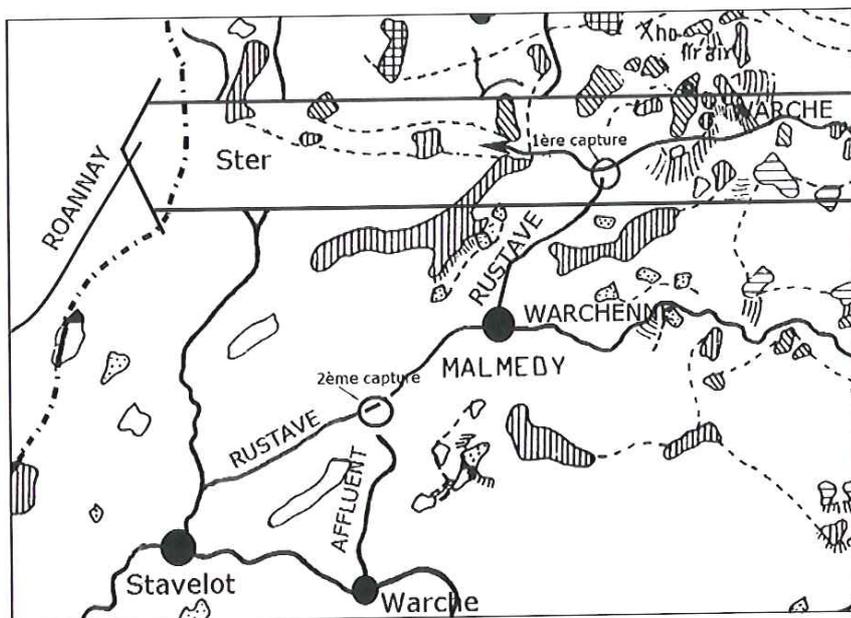


Fig. 5 : dessin inédit du réseau hydrographique conforme à la capture invoquée par Goossens pour passer de la 'Warche de Ster' à la Warche actuelle. Explications : le fond de carte est une partie de la figure originale de Goossens (revoir la figure 4).

qui serait venu capturer la Warche au niveau de Mont-Xhoffraix (figure 5), et il en donne pour preuve la présence de galets roulés de la Warche trouvés en tête de vallée du Rustave ; 2) l'autre qui est celle soupçonnée par Renier (*op.cit.*) à Pont-à-Warche (revoir la figure 2).

Commentaire

Il apparaît aujourd'hui que le raisonnement basé sur les aplanissements ne peut être maintenu que pour les quatre niveaux supérieurs, cotés respectivement à 590 m, 570 m, 550 m et 530 m. En effet, nous allons montrer plus loin qu'en dessous de 527 m (altitude du plateau de Planerèces), la Warche ne pouvait plus suivre le tracé E-W supposé par Goossens.

D'une part, la capture de la Warche à Mont-Xhoffraix par le Rustave impose qu'à ce moment là celui-ci recevait la Warchenne à Malmédy (figure 5). Quant au Rustave actuel, il ne serait apparu qu'en conséquence de la capture opérée à Pont-à-Warche, par un petit affluent de l'Amblève au village de Warche, comme l'avait laissé entendre Renier (revoir la figure 2).

D'autre part, la relation entre les cailloux roulés situés dans la tête de vallée du Rustave a été mise en doute ultérieurement (voir plus loin).

Ozer (1967) a attribué au pougingue permien, affleurant dans la tête de vallée du Rustave, les

cailloux roulés que Goossens (*op.cit.*) avaient invoqués pour confirmer la capture de la Warche à Pont-à-Warche. Néanmoins, Ozer n'a pas exclu que la Warche soit passée par la vallée du Rustave, ni que sa capture ait eu lieu à Pont-à-Warche, mais selon lui, celle-ci aurait été acquise par tangence, en conséquence du glissement d'un ancien méandre de la Warchenne (figure 6). Ce modèle était basé sur la grande largeur de la partie SW de la dépression de Malmédy, et sur des considérations géologiques (failles) et lithologiques.

Bastin et Juvigné (1978) ont effectué une série de sondages manuels à l'amont de la confluence en-

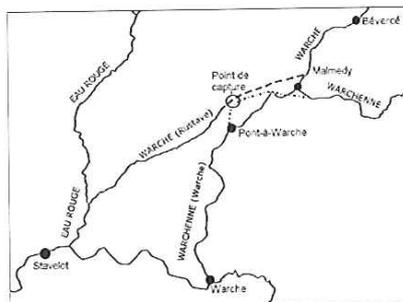


Fig. 6 : dessin inédit du réseau hydrographique conforme à l'hypothèse proposée par Ozer, d'une capture par tangence de la Warche par la Warchenne, à Pont-à-Warche. Explication : le trait interrompu représente la position que la Warche devait occuper pour mettre en place le méandre de la Warchenne (trait d'axe).

tre le ruisseau de Targnon (appelé aussi Eau Rouge supérieure) et l'ancien Trôs Maret (figure 7), en prévision de recherches plus profondes. En effet, après la capture du Trôs Maret (*cf. supra* : Pissart, 1953), les alluvions apportées par le Targnon ne pouvaient plus être évacuées, si bien qu'un cône de déjection a dû s'élever à l'ancienne confluence. En conséquence, ce cône a fait office de barrage naturel et il a retenu un lac dans la vallée des Chôdières. Ces sondages ont montré la présence systématique, de haut en bas, d'une couche de tourbe de plusieurs décimètres d'épaisseur, surmontant 2 à 3 mètres de limon, à la base duquel des cailloux bloquaient la sonde.

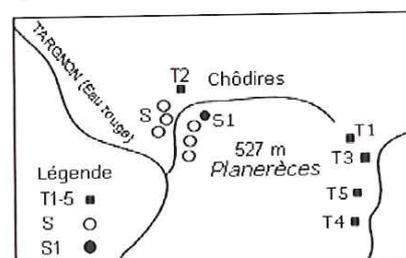


Fig. 7 : localisation des tranchées et sondages carottés effectués dans la vallée des Chôdières, au lieu-dit Trôs Maret, et sur le versant droit du Trôs Maret à Planerèces.

Explications :

- S (cercles creux), sondages manuels effectués par Bastin et Juvigné ;
- S1, sondage industriel réalisé à la demande de Pissart et Juvigné ;
- T1, tranchée réalisée par Pissart (1953) ;
- T2 et T3, tranchées effectuées à la pelle mécanique, et décrites par Bastin et Juvigné (voir ci-après) ;
- T4, tranchée effectuée par Pissart et Juvigné (1982) ; voir plus loin.
- T5, tranchée effectuée par Juvigné (1985) ; voir plus loin.

Une tranchée a alors été effectuée à la pelle mécanique en T2 (figure 7) jusqu'à 4,6 m de profondeur (figure 8). La moitié supérieure de la tranchée (0 à 245 cm) montrait une double alternance de tourbe et de loess*, tandis que la moitié inférieure (246 à 462 cm) consistait essentiellement en loess contenant une charge caillouteuse de plus en plus dense vers la base. De 462 à 500 cm de profondeur, le sédiment était composé essentiellement de blocs et cailloux de quartzite. La présence de minéraux remaniés du 'téphra de Rocourt***' à tous les niveaux de la tranchée a permis de placer ce dépôt dans la dernière glaciation***. Le diagramme polinique montre clairement dans

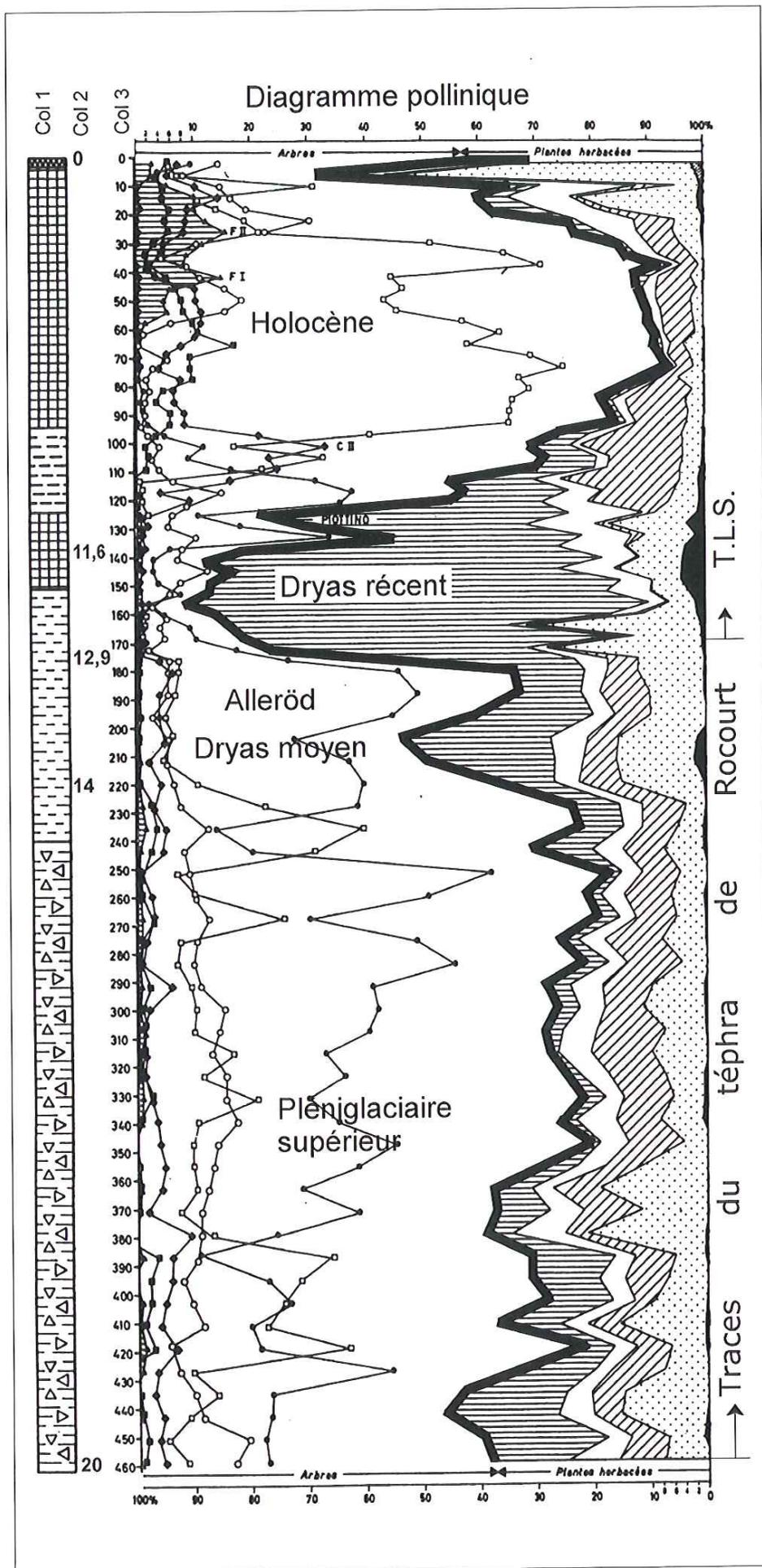


Fig. 8 : observations faites dans la tranchée T2 de la vallée des Chôdières (d'après Bastin et Juvigné [1978], modifié).

Explications :

Col.1. Description de la coupe : quadrillage = couche de tourbe ; tirets horizontaux = loess ; tirets horizontaux + triangles = loess avec charge caillouteuse croissante vers le bas.

Col.2. Ages indicatifs en milliers d'années avant aujourd'hui.

Col.3. Profondeur de la coupe en centimètres.

Diagramme pollinique (d'après Bastin et Juvigné, 1978 ; modifié). Extrait du diagramme pollinique de Bastin avec les noms des principales divisions de la période postérieure au dernier maximum glaciaire. Le trait gras sépare les pollens d'espèces arboréennes à gauche, de ceux des espèces non arboréennes (surtout des graminées) à droite. Les personnes intéressées par les détails du diagramme original et la légende des taxons sont invitées à consulter la figure 4 dans l'article de Bastin et Juvigné (1978).

De 460 à 215 cm, la seconde moitié de la dernière déglaciation (partie finale du Pléniglaciaire supérieur) est caractérisée par un accroissement progressif de la part des pollens arboréens de 65 à 80%, avec seulement des espèces de climat froid, et plus particulièrement dans l'ordre de fréquence le pin, l'aulne et le bouleau.

De 215 à 200 cm, recul de la part des pollens arboréens précités, en fonction d'une recrudescence du froid pendant environ 2 siècles (Dryas moyen).

De 200 à 170 cm, remontée de la part des pollens arboréens précités en réponse à une oscillation climatique tempérée (Alleröd).

De 170 à 135 cm, régression brutale de la part des pollens arboréens précités jusqu'à 10%, en fonction d'un coup de froid drastique (Dryas récent).

A partir de 135 cm, accroissement de la part des pollens arboréens jusqu'à 90% de la masse pollinique ; fait nouveau, il s'agit ici essentiellement d'espèces d'arbres meso- et thermophiles, avec dans l'ordre d'apparition : le noisetier, l'orme, le chêne, le tilleul, le hêtre, le charme. Du point de vue climatique, il s'agit ici du réchauffement conduisant au climat actuel.

La régression des arbres au-dessus de 40 cm est le reflet des déboisements anthropiques, dont les premières clairières remontent à l'époque néolithique.

Contre le bord droit du diagramme, les flèches indiquent les profondeurs respectives au-dessus desquelles les minéraux du téphra de Rocourt, puis du téphra du Laacher See (T.L.S.) ont été trouvés dans les sédiments.

l'ordre : la déglaciation würmienne, l'oscillation de l'Allerød, le Dryas récent et l'Holocène. Les minéraux du 'téphra du Laacher See'*** ont été trouvés à l'état remanié dans des niveaux qui, de ce fait, peuvent être placés dans le Dryas récent ou l'Holocène inférieur ; ils permettent de placer les niveaux qui les contiennent après l'Allerød.

*Le loess est du limon qui a été apporté par le vent au cours des périodes froides ; les grains ont une taille inférieure à 0,1 mm.

**Un téphra consiste en matériaux projetés dans l'atmosphère par un volcan. Les particules qui atteignent la stratosphère sont entraînées sur des centaines, voire des milliers de kilomètres par les vents d'altitude ; elles peuvent retomber à très grande distance du volcan émetteur. Le téphra de Rocourt a été découvert pour la première fois à Rocourt (Liège) dans du loess ; il est issu d'un volcan encore inconnu de l'Eifel, et il est retombé sur notre pays à un moment qui reste à déterminer entre il y a 60.000 et 106.000 ans. Le téphra du Laacher See est le produit de la retombée d'une éruption du volcan de Laach qui a eu lieu, il y a 13.000 ans, dans l'Eifel oriental.

***La dernière glaciation a commencé il y a environ 80.000 ans ; elle est divisée de la façon suivante sur la base de variations climatiques : de 80.000 à 70.000 ans BP (BP= Before Present ou avant aujourd'hui), une période de grand froid appelée Pléniglaciaire inférieur ; de 70.000 à 45.000 ans BP, une période moins froide appelée 'Stade isotopique 3' ; de 45.000 à 14.700 ans BP, le Pléniglaciaire supérieur comprenant le maximum du froid vers 22.000 ans BP ; de 14.700 à 11650 ans BP, le Tardiglaciaire. Les âges cités ci-avant sont ceux de la courbe SPECMAP (Imbrie et al., 1984).

En 1978, Pissart et Juvigné (inédit) ont fait exécuter un sondage carotté par une entreprise professionnelle, dans la vallée des Chôdires, juste à l'amont du cône de déjection formé à la confluence Chôdires-Targnon (figure 7 : S1). L'objectif était de recouper l'ensemble des sédiments accumulés à cet endroit, notamment dans un paléolac qui a dû être retenu au cours de l'aggradation du cône du ruisseau de Targnon (Eau Rouge supérieure)

consécutives à la capture du Trôs Maret (Pissart, *op. cit.*).

Sous 1 m de tourbe, puis 7 m de loess, rapidement prélevés, la sonde s'est heurtée à des gros blocs de quartzite, dont la tentative de perforation a consommé le solde du crédit accordé par le FNRS. Les observations lithologiques ont été identiques à celles faites dans les sondages antérieurs (figure 7 : S1) et dans la tranchée T2.

Bastin et Juvigné (1978) ont aussi étudié la coupe d'une tranchée de 13 m de dénivelée (471-484m) ouverte sur le versant droit du Trôs Maret (figure 7 : T3) de façon à pénétrer la couche caillouteuse qui avait bloqué les sondages S et S1 (*cf. supra*). Sur toute la hauteur, le matériau était fait essentiellement d'une masse sans structure sédimentaire interne de cailloux anguleux, avec secondairement une matrice limono-argileuse. Ce dépôt résulte de toute évidence de coulées de solifluxion. La présence de minéraux remaniés du 'téphra de Rocourt', dès la base de la coupe, a permis de placer l'ensemble du dépôt étudié dans la dernière glaciation. L'analyse pollinique a permis de préciser que le paysage végétal correspondant à la mise en place des matériaux excavés était "ouvert, témoignant d'un climat froid et humide de caractère océanique", identique à celui du Vistule 2a (NDR, Comprendre 54.000 à 48.000 ans BP). L'épaisseur des dépôts à cet endroit a conduit Pissart (communication orale *in illo tempore*) à l'hypothèse que la capture du Trôs Maret avait eu lieu par déversement dans la tête de vallée de l'affluent de

la Warche (revoir la figure 3), en conséquence d'un empilement de dépôts descendus du versant des Hautes Fagnes dans le coude du Trôs Maret.

Commentaire

Il apparaît ainsi que, dans l'ensemble de la vallée des Chôdires, on peut atteindre de la surface vers la profondeur : 1) une couche de tourbe holocène ; 2) une épaisse couche de loess qui doit correspondre à celle déposée en Moyenne Belgique pendant la dernière déglaciation (de 20.000 à 14.000 ans BP; Juvigné et Wintle, 1988) ; 3) une couche de blocs descendus des versants dans des coulées de solifluxion, probablement pendant la période de froid maximal de la dernière glaciation, c'est-à-dire aux environs de 22.000 ans BP.

Vandenven (1979) a réalisé l'étude géologique préalable à la construction du pont de l'autoroute A27, destiné à enjamber la vallée de l'Eau Rouge au Pouhon de Bernister. Dans le fond de cette vallée, deux sondages carottés distants de 80 m (figure 9) ont atteint la roche en place à 36 m (sondage 6) et 40 m (sondage 7bis), en n'ayant traversé que des dépôts de versant. Aucun cailloutis fluvial n'a été traversé entre les dépôts de pente et la roche en place. Ceci signifie que le fond de la vallée où devait se trouver le cailloutis du cours d'eau responsable du creusement, se trouve entre ces deux sondages et à plus grande profondeur.

Des repères téphrochronologiques ont été recherchés ultérieurement dans les carottes 6 et 7bis

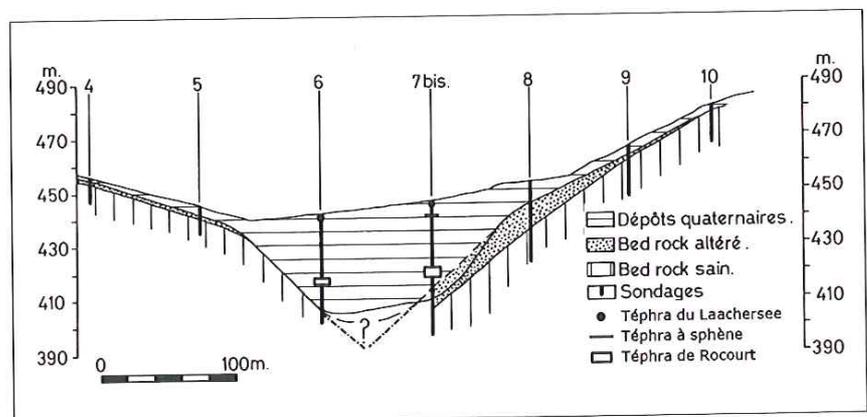


Fig. 9 : profil transversal de la vallée enfouie au Pouhon de Bernister (d'après Vandenven, 1979).

Explications : Trois profils hypothétiques du fond de la vallée fossile sont représentés : 1) en trait plein selon Vandenven ; 2) en trait interrompu selon Bastin et Juvigné (1978) ; 3) en trait d'axe par nous-même dans le cas d'une forme en 'V'.

des sondages de Bernister (Pissart et Juvigné, 1982). En 6, les minéraux du 'téphra de Laachersee' étaient essentiellement dans le sol actuel et la plus forte concentration de minéraux du 'téphra de Rocourt' a été trouvée entre 25 et 26 m de profondeur. En 7bis, trois niveaux particulièrement riches en minéraux volcaniques ont été repérés : 1) dans le sol actuel, les minéraux du 'téphra de Laacher See' ; 2) de 26 à 28 m de profondeur, les enstatites et augites aciculaires du 'téphra de Rocourt' ; 3) entre 6 et 7 m de profondeur, des minéraux volcaniques identiques à ceux du 'téphra de Laacher See' ont été observés, mais le sphène y est largement dominant, ce qui laisse supposer qu'ils pourraient être la trace d'une retombée originale, qui aurait eu lieu entre les moments respectifs des retombées du 'téphra de Rocourt' et du téphra de 'Laacher See' (voir plus haut).

Commentaire

Les conditions de carottage ont pu entraîner une légère contamination verticale, qui pourrait avoir déplacé vers le bas les traces de retombées volcaniques.

Pissart (1957, voir plus haut) était arrivé à l'idée qu'une "accumulation sédimentaire exceptionnelle" de dépôts de versant devait avoir eu lieu dans le tronçon Chôdière-Eau Rouge, en conséquence de la perte de débit due à la capture du Trôs

Maret. Les résultats des sondages effectués au Pouhon de Bernister ont constitué la première démonstration de la présence d'une épaisseur exceptionnelle de tels dépôts. L'extrapolation faite par Vandenvin (1979) situe le fond de la vallée fossile au centre d'un profil concave, à environ 35 mètres sous la surface du sol. Toutefois, il faut remarquer que rien n'interdit de prolonger les versants pour dessiner un profil transversal en V, dans quel cas le cailloutis fluviatile pourrait se trouver à environ 55 mètres sous la surface du sol. Cette remarque prendra tout son intérêt, lorsque nous évoquerons le rôle que la Warche a joué dans le façonnement de la vallée de l'Eau Rouge.

En 1982, Pissart était arrivé à l'idée que la vallée des Chôdières était trop large pour que le Trôs Maret ait été le seul cours d'eau responsable de son creusement. De plus, il avait observé que des barres de quartzite affleurant dans la vallée du Trôs Maret à la retombée E de Planerèces sont tronquées horizontalement entre 475 et 470 m d'altitude, ce qui pouvait impliquer que la Warche en était responsable. Dès lors, Pissart et Juvigné (1982) ont décidé de creuser une tranchée en T4 (figure 7), et ils ont ainsi mis au jour, à 471 m d'altitude, un cailloutis typique de la Warche, avec notamment des galets fortement émoussés de phyllade violet et d'arkose,

dont les affleurements respectifs (Salmien et Gedinien) n'existent pas dans le bassin du Trôs Maret, mais bien dans celui de la Warche, entre Robertville et Bévercé. Cette découverte implique, de façon incontestable, que la Warche a coulé dans l'axe Chôdières-Eau Rouge. De plus, pour la détourner de cet axe dans sa vallée actuelle, les auteurs ont invoqué une capture à Bévercé par un affluent de la Warchenne, préexistant dans la dépression de Malmedy et procédant par érosion régressive. Après cette capture, les eaux du Trôs Maret ont tout d'abord continué à couler vers l'Eau Rouge, tout en construisant, à leur ancienne confluence avec la Warche, un cône de déjection qui a contribué à la capture par déversement du Trôs Maret (revoir plus haut, *in* Bastin et Juvigné, 1978).

La nécessité de faire passer des profils longitudinaux anciens de la Warche par les cailloutis de Planerèces a conduit à devoir accepter un accroissement de pente qui devait passer de 3,1‰ à l'amont de Planerèces à 15,3‰ dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge (figure 10).

De telles charnières existent dans les profils de certains cours d'eau, mais chaque fois cela requiert une réflexion particulière, ce que nous ferons dans un des articles qui va suivre.

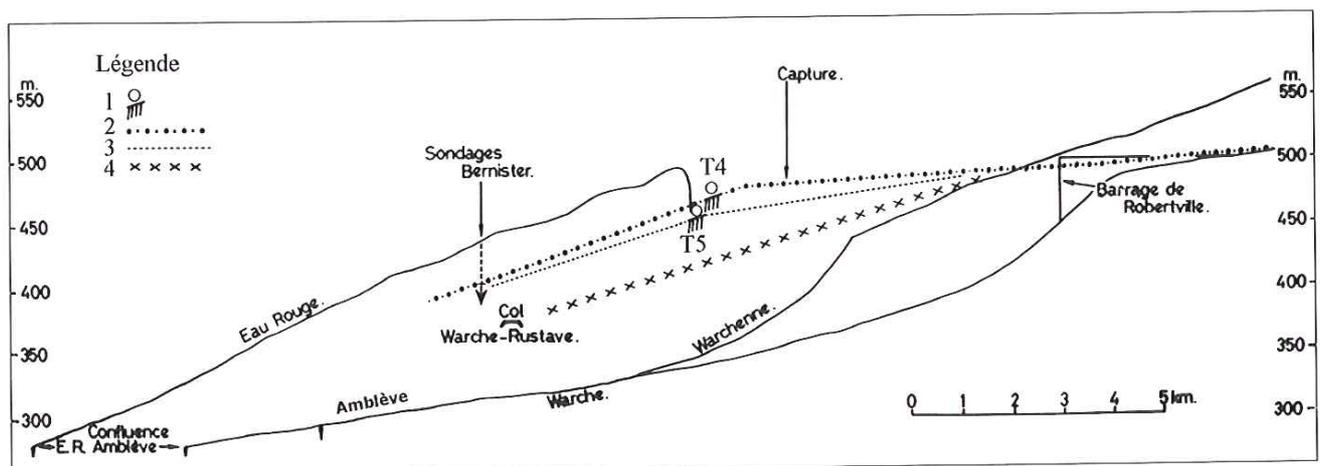


Fig. 10 : profil longitudinal de la Warche entre Robertville et Stavelot en relation avec un itinéraire par Planerèces, et avec un autre par Malmedy (d'après Pissart et Juvigné, 1982, modifié).

Explications. Légende : 1, cailloutis de la Warche excavés sur le versant droit de la vallée du Trôs Maret à Planerèces [T4, à 471 m d'altitude, d'après Pissart et Juvigné (1982) et T5, à 461 m d'altitude, d'après Juvigné (1985)] ; 2, profil lors du passage au lieu-dit Planerèces à 471 m ; 3, profil lors du passage au lieu-dit Planerèces à 461 m d'altitude ; 4, profil après la capture de la Warche à Bévercé, avec passage par Malmedy, puis la vallée du Rustave, pour autant que la Warche soit jamais passée par cette dernière (voir plus haut).

La profondeur minimale de la roche en place au Pouhon de Bernister est représentée par une flèche d'après les hypothèses de la figure 9.

Demoulin (1982) a démontré, sur la base d'observations sédimentologiques, qu'un cailloutis situé à 510 m d'altitude à G'doumont a été mis en place par la Warche au Quaternaire, alors que Renier (1919), Nys (1930), puis Ozer (1967) l'avaient placé dans le Tertiaire. Les arguments sont : 1) l'é-moussé des galets caractéristique des dépôts fluviaux ; 2) un spectre pétrographique varié avec seulement 27% de galets de quartz ; 3) une orientation dominante des galets allongés correspondant à un écoulement du NE vers le SW.

Juvigné (1985), au cours d'une fouille en tranchée au lieu-dit Planerèces, à 461 m d'altitude (figure 7 : T5), a découvert un second niveau de cailloutis en place de la Warche, avec des galets de phyllade violet et d'arkose. Ce cailloutis constitue à ce jour la dernière trace de passage de la Warche dans l'axe Chôdières-Eau Rouge. Une couche de tourbe de 5 cm d'épaisseur repose directement sur ce cailloutis ; elle a dû se former dans une 'mare' subsistant dans le lit mineur de la Warche disparue. Son âge ¹⁴C est plus ancien que 51.000 ans BP, et son contenu pollinique est tel qu'il correspond à un climat périglaciaire (essentiellement des graminées, avec de faibles parts de pin et de bouleau). Ce cailloutis contient en plus, jusqu'au contact avec la roche en place, des minéraux du 'téphra de Rocourt', ce qui a permis de conclure que la capture de la Warche à Bévercé a eu lieu après le début de la dernière glaciation. L'ensemble des données précitées restreint la période acceptable pour la capture de la Warche à Bévercé à la première partie de la dernière glaciation.

L'abaissement de 471 à 461 m de l'entrée de la vallée morte a permis d'atténuer de 12,4% à 11,7% la pente moyenne de la Warche dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge (figure 10), ainsi que l'intensité de la charnière à Planerèces. Le profil longitudinal entre Robertville et Bévercé montre que la capture de la Warche à Bévercé est survenue à une altitude proche de 468 m, soit environ 112 m plus haut que le niveau de la plaine alluviale actuelle.

Jamar (1985) a étudié des terrasses de la vallée de la Warche dans le tronçon Robertville-Bévercé.

Au cours de fouilles en tranchées, il a mis au jour des cailloutis de la Warche sur deux replats du versant gauche à 500 m d'altitude. Ces cailloutis, ainsi que celui de G'doumont (revoir plus haut : Demoulin, 1982), sont de toute évidence en relation avec des cours de la Warche qui coulait par l'axe Chôdières-Eau Rouge (entre 527 et 461 m à Planerèces). Inspiré par la karstification du poudingue de Malmedy décrite par Ozer (1971), Jamar a aussi émis l'hypothèse que la capture de la Warche à Bévercé pourrait avoir une origine karstique, c'est-à-dire que l'affluent de la Warchenne responsable de la capture (voir plus haut : Pissart et Juvigné, 1982) était souterrain.

Acquis essentiels et problèmes à résoudre

Au terme de cet inventaire de la littérature, il faut mettre en exergue les découvertes de cailloutis de la Warche successivement à 471 m et à 461 m à Planerèces, car ils démontrent de façon indiscutable que la Warche est passée dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge. Le plateau culminant à 527 m, dans le coude que décrivait la Warche au Trôs Maret (figure 7), atteste que le cours d'eau a dû couler dans la vallée des Chôdières tout au long de son encaissement sous cette altitude, jusqu'à 461 m. D'après le profil longitudinal correspondant à ce dernier lit mineur de la Warche dans l'axe Chôdières-Eau Rouge (figure 10), la capture à Bévercé a dû avoir lieu aux environs de 468 m d'altitude, soit 112 m plus haut que la plaine alluviale actuelle.

En conséquence, trois phases peuvent être distinguées dans l'histoire du cours de la Warche, à savoir dans l'ordre chronologique : la première qui est antérieure à son encaissement dans la vallée des Chôdières ; la deuxième qui comprend son écoulement dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge ; la troisième qui commence au moment où la capture survenue à Bévercé l'a détournée dans la dépression de Malmedy.

De la première phase, aucun cailloutis résiduel n'est connu à ce jour, et les hypothèses avancées, notamment l'écoulement dans la vallée du Roannay, ne sont donc argumentées que par la morphologie, et plus particulièrement par des 'ni-

veaux d'aplanissement'. C'est au cours de la partie finale de cette phase qu'il faut trouver la raison pour laquelle la Warche, à Bévercé, faisait vers le N un coude énigmatique qui la maintenait dans les roches dures du Paléozoïque inférieur, alors qu'elle n'avait plus qu'à entrer dans le poudingue de Malmedy, nettement moins résistant et probablement déjà en dépression.

La phase intermédiaire est la mieux argumentée. Elle a duré le temps d'un encaissement d'environ 64 m de dénivelée dans les roches paléozoïques dures du secteur de Planerèces. Néanmoins, elle nous laisse face à un accroissement énigmatique de la pente du profil longitudinal à Planerèces, débouchant sur une pente exceptionnellement forte de 11,7% dans le tronçon Planerèces-Stavelot.

La transition entre les deuxième et troisième phases est contrôlée par des arguments téphrochronologiques et palynologiques qui ne laissent qu'environ 70.000 ans pour justifier des modifications de grande ampleur survenues après la capture, à savoir : a) un encaissement d'environ 112 m de la Warche à Bévercé ; b) la propagation de l'érosion régressive jusqu'à Robertville et dans tous les affluents de ce tronçon, mais aussi de la Warchenne inférieure ; c) l'évolution géomorphologique de la dépression de Malmedy qui, au moment de la capture, ne devait être qu'une tête de vallon d'un petit ruisseau affluent de la Warchenne, peut-être même souterrain.

C'est aussi au cours de la troisième phase que le détournement du Trôs Maret vers Bévercé a eu lieu.

Enfin, si la Warche a coulé dans la vallée du Rustave, ce ne peut être que dans cette troisième phase également, car le col à hauteur de Pont-à-Warche se situe à 380 m, soit environ 88 m sous l'altitude du point de capture de la Warche à Bévercé, et 60 m plus haut que la plaine alluviale de la Warche à Pont-à-Warche (revoir la figure 10).

Ces différents problèmes ont été traités récemment dans un mémoire de licence présenté à l'Université de Liège par Delvenne (2003). Les résultats seront publiés dans des articles qui vont suivre.

Les cours hypothétiques de la Warche pendant le Tertiaire et le Quaternaire ancien

par Alain DEMOULIN*, Yannick DELVENNE** et Etienne JUVIGNÉ**

*Fonds National de la Recherche Scientifique **Unité de Géographie physique de l'Université de Liège

Introduction

Cet article est le deuxième d'une série relative à l'évolution du cours de la Warche. Le premier, consacré à l'état des connaissances en 2003 (Juvigné, 2004), se terminait par la distinction de trois périodes majeures. La plus ancienne commence lors du retrait de la mer qui, il y a ~30 millions d'années (ci-dessous abrégé en "Ma"), au milieu du Tertiaire, couvrait le nord de l'Ardenne, et elle prend fin au moment où la Warche, coulant notamment à 527 m d'altitude à hauteur du plateau de Planerèces (pour tous les noms de lieux cités dans cet article, voir "Hautes Fagnes" 2004/2, p. 48, figures 1 et 7), a commencé à s'encaisser dans la vallée des Chôdières et de l'Eau Rouge. Ce moment est probablement proche de la limite Tertiaire-Quaternaire (~1,75 Ma), car Demoulin (1982) a montré que le plus ancien cailloutis de la Warche connu à ce jour, localisé à 510 m d'altitude à G'dou-

mont, est d'âge quaternaire et non tertiaire comme on le supposait depuis Renier (1919).

L'objet du présent article est d'examiner les tracés que la Warche aurait pu suivre durant cette période, soit avant son incision. Toutefois, on ne dispose à ce jour que de données géomorphologiques résiduelles (puisqu'il s'agit de formes d'érosion) pour cette analyse et, en l'absence de témoins sédimentaires des tracés tertiaires de la Warche, on ne peut nier le caractère spéculatif de ce qui va suivre.

Installation de la Warche au Tertiaire

Vers 30 Ma, la mer oligocène s'est retirée vers le nord, découvrant une Ardenne NE dont la faible pente globale était également au nord. Cependant, plusieurs inconnues subsistent quant à la topographie des lieux à

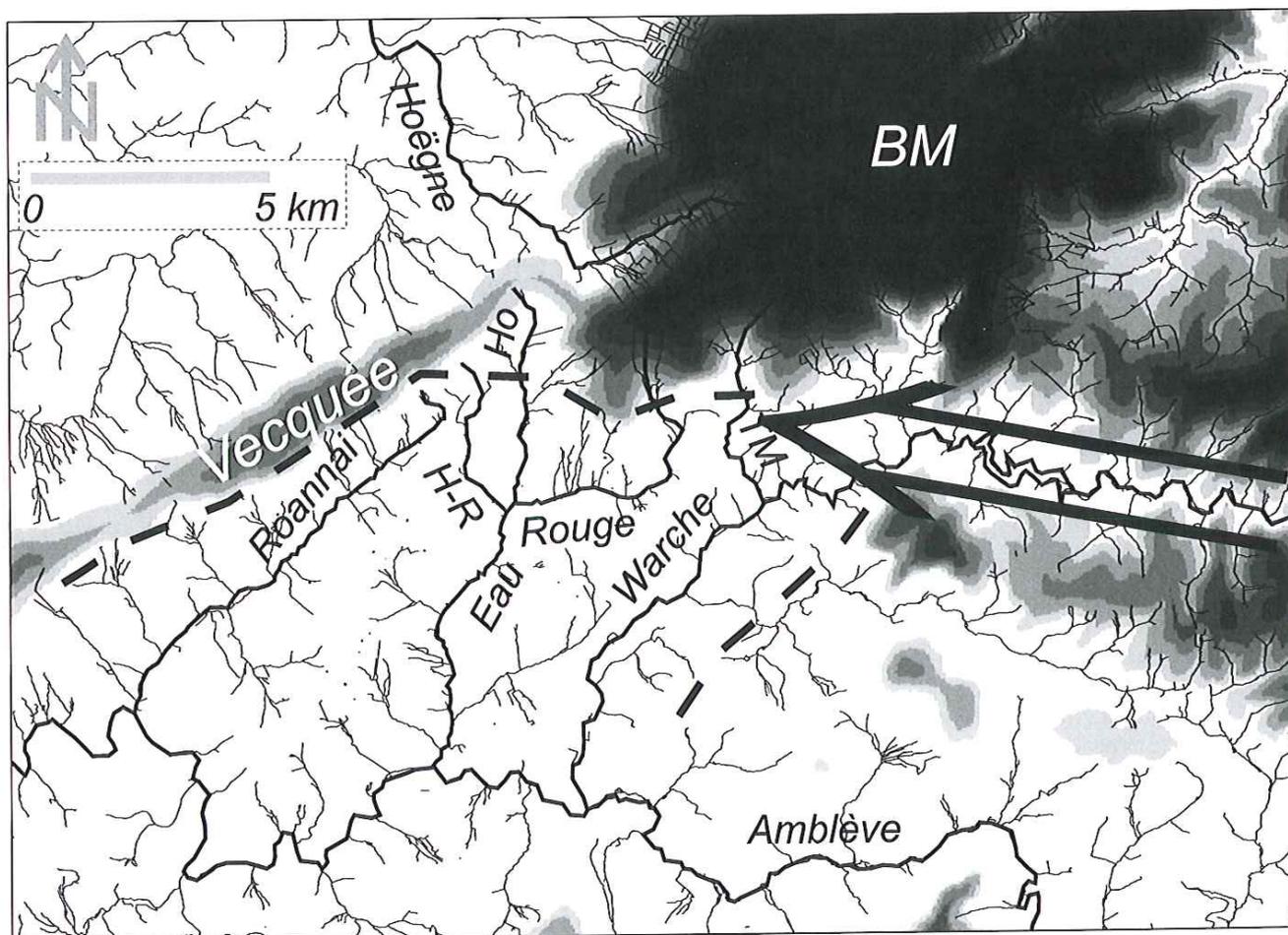


Fig.1 : Modèle numérique de terrain noyé à 530 m.

Explications. Le relief actuel dépassant 530 m d'altitude est figuré en tons grisés. En blanc, la zone qui n'était pas encore incisée lorsque la Warche coulait au-dessus de cette altitude à hauteur de Bévercé. Le réseau hydrographique actuel est représenté uniquement pour aider le lecteur à localiser les faits évoqués dans le texte, mais il n'existait évidemment pas comme tel au Tertiaire. A cette époque, la Warche n'était pas encore fixée dans la vallée des Chôdières, et l'espace compris entre les traits interrompus est disponible pour l'établissement de son cours. BM = plateau de la Baraque Michel.

cette époque. D'abord, on ne connaît pas l'âge exact des dépôts sableux conservés en Eifel septentrional (Demoulin, 1989) mais, s'ils datent bien de l'Oligocène supérieur (~25 Ma), le relief fagnard a pu momentanément présenter une composante de pente au NE, vers ce niveau de base principal (la Rur s'écoule d'ailleurs toujours dans cette direction).

Par ailleurs, le statut du massif de la Baraque Michel à l'Oligocène reste indéfini. Bless *et al.* (1990) ont constaté son existence en tant que relief tectoniquement différencié au Crétacé supérieur (~65 Ma), mais on pense généralement que ce relief était très peu marqué lorsque la mer a envahi la région vers ~30 Ma (Demoulin, 1988). Cette opinion repose cependant exclusivement sur l'hypothèse que le dépôt des sables marins conservés à la Baraque Michel (675 m d'altitude) et dans la zone de Spa, Solwaster et Cokaifagne (~500 m d'altitude) fut parfaitement synchrone, ce qui pourrait ne pas être tout à fait exact (Demoulin, 1989).

Enfin, Demoulin (1995) a reconstitué un paysage miocène (~20 Ma) de l'Ardenne dans lequel un large bassin ouvert vers l'Ouest était développé dans la région

de Malmedy à des altitudes de 500-530 m, soit nettement plus bas que les reliefs avoisinants (Baraque Michel, mais également la Vecquée, les régions de Vielsalm et à l'est de Waimes).

Dans ces conditions, on peut admettre qu'assez rapidement, la Warche a dû adopter un cours qui, depuis les hauteurs du Weisser Stein, la dirigeait à l'Ouest vers ce bassin. Cette hypothèse est renforcée par le fait qu'au Tertiaire, même la Hoëgne supérieure traversait la ligne de la Vecquée et était drainée par ce même bassin, et ce n'est probablement qu'au Quaternaire ancien qu'elle fut déviée vers le NO (Demoulin, 1986). L'examen du relief actuel de la région dépassant 530 m (figure 1), c'est-à-dire au-dessus de l'altitude à partir de laquelle on sait que la Warche s'est fixée dans la vallée des Chôdières, confirme la justesse de l'hypothèse, mais également son incertitude totale quant à un tracé précis.

La Warche au Quaternaire ancien (~1,5 Ma)

Pour gagner en information, il faut se placer à une altitude moindre, par exemple 480 m (figure 2), lorsque la vallée de la Warche, sans être encore profondément

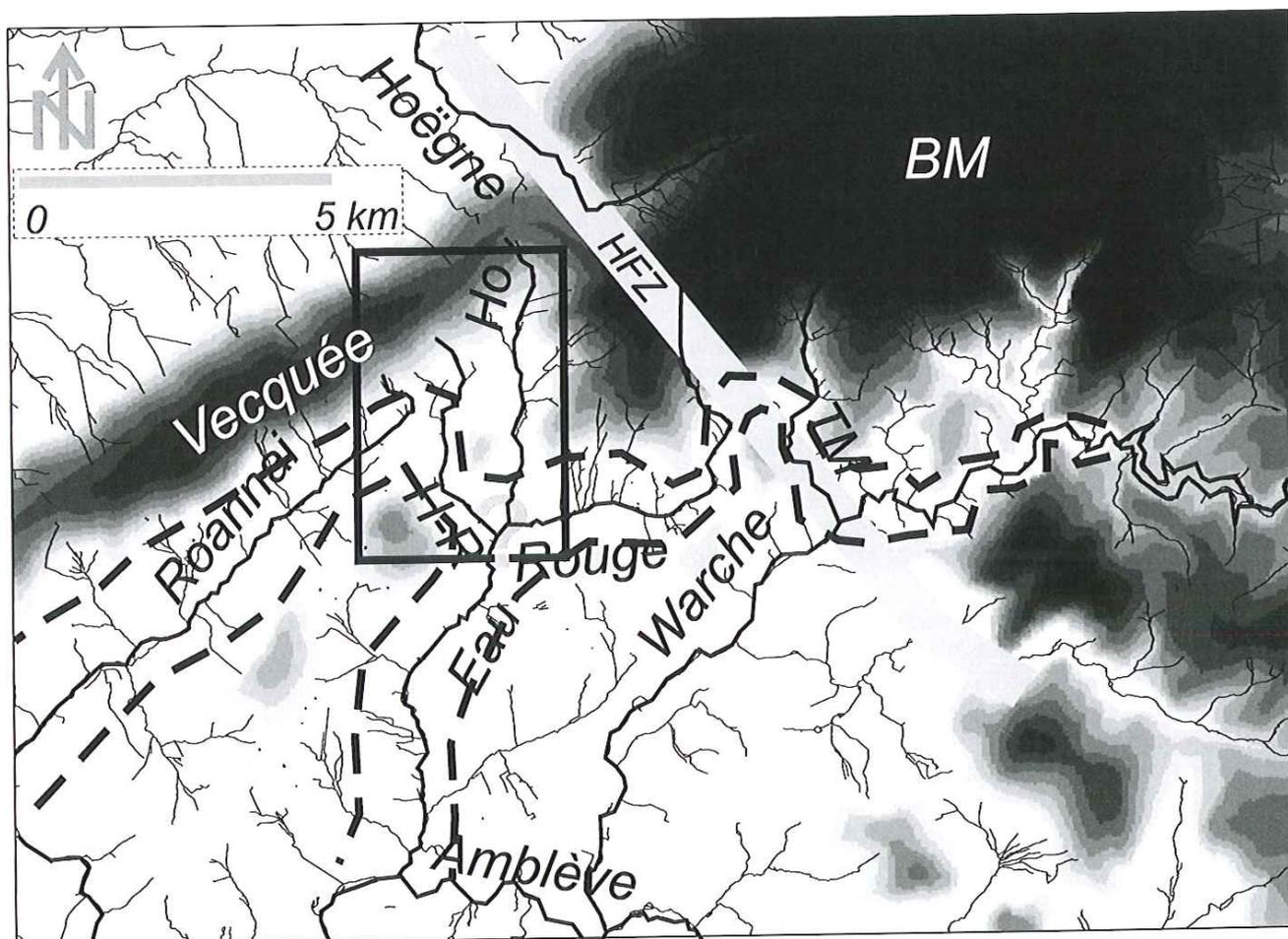


Fig.2 : Modèle numérique de terrain noyé à 480 m.

Explications. Le relief actuel dépassant 480 m d'altitude est figuré en tons grisés. En blanc, la zone qui n'était pas encore incisée lorsque la Warche coulait à cette altitude à hauteur de Planerèces. Le réseau hydrographique actuel est représenté pour aider le lecteur à localiser les faits évoqués dans le texte, bien que l'on puisse supposer que, depuis le Quaternaire ancien, le réseau de vallées est en place, ce qui n'empêche pas les détournements de cours d'eau par capture. A cette époque, la Warche était fixée dans la vallée des Chôdières et, à hauteur du "raidillon" du circuit de Francorchamps, la topographie préexistante offrait deux possibilités à son cours aval, soit par l'Eau Rouge inférieure actuelle, soit par le Roannai actuel, au prix d'un détour via le Rohon. Les vallées possibles de la Warche à cette époque sont indiquées en traits interrompus. HFZ. Zone faillée de Hockai, d'orientation NO-SE et dont la présence explique le changement de direction de la Warche ancienne à hauteur de Bévercé.

BM= plateau de la Baraque Michel. Le cadre en trait plein délimite l'espace des cartes de la figure 3.

encaissée, n'en était pas moins mieux inscrite dans la topographie environnante. A ce niveau, les "espaces de liberté" susceptibles d'accueillir le tracé de la Warche restent larges, et c'est sur la base de la reconstitution de "niveaux d'aplanissement tertiaires" dans cette tranche d'altitude que Goossens (1956) suggérait un ancien cours de la rivière empruntant l'actuelle vallée du Roannai à partir de Ster. Maintenant qu'il est acquis que la Warche se dirigeait anciennement à l'Ouest par la vallée des Chôdires (Pissart & Juvigné, 1982), la question reste de savoir si elle passa effectivement un jour par le Roannai ou si, dès le départ, elle emprunta la vallée de l'Eau Rouge inférieure vers Stavelot. C'est cette partie de l'hypothèse de Goossens que nous discutons ci-dessous.

Tout d'abord, l'argument majeur de Goossens (1956) était la disproportion entre la vallée du Roannai et l'incapacité pour le cours d'eau qui la parcourt actuellement d'avoir creusé une si large et profonde vallée. Cet argument est fallacieux puisque cette large vallée est développée sous l'altitude où la Warche se serait trouvée à l'époque d'un éventuel passage par le Roannai, soit ~475 m qui est l'altitude minimale au col de Francorchamps à l'endroit du Pont du Trou Hennet, où aucun remblaiement n'est connu. La vallée du Roannai a donc de toute façon été creusée après que la Warche en aurait été détournée.

Ce creusement important est en réalité expliqué par le peu de résistance des schistes salmiens affleurant dans la vallée. La même érosion préférentielle de ces roches a aussi donné naissance, à une échelle bien plus grande encore, à la dépression de Manhay. D'autre part, Gullentops (1986) a suggéré que, parallèlement au soulèvement des Hautes Fagnes, le synclinal salmien dans lequel est logée la vallée du Roannai (et dans le prolongement duquel on trouve encore la Hoëgne et la Helle supérieures) aurait aussi pu être réactivé récemment, accentuant la forme en creux de la vallée.

Il apparaît donc qu'il n'est pas du tout nécessaire de faire passer la Warche par la vallée du Roannai pour expliquer les particularités géomorphologiques de la région. Quant aux vallées des ruisseaux Hodial-Rohon et de Hockai, leur surdimensionnement relatif s'explique facilement :

- pour leur partie aval, par le fait qu'ils ont suivi l'encaissement de la Warche lorsque celle-ci empruntait le tracé de l'Eau Rouge et qu'ils s'y jetaient à hauteur du "raidillon" du circuit de Francorchamps ;
- pour leur partie amont, par le passage à cet endroit de la Hoëgne supérieure tertiaire, en direction soit de l'Eau Rouge actuelle, soit du Roannai (impliquant alors trois captures successives: la première à hauteur de la passerelle du Centenaire, la deuxième au nord de Ster et la troisième à l'ouest de Ster). En effet, les figures 1 et 2 montrent nettement que la Hoëgne supérieure et le Roannai sont dans le prolongement l'un de l'autre. Dans ce cas de figure, les trois captures invoquées auraient donc pu s'opérer de façon classique par érosion régressive, jusqu'à laisser dans la morphologie actuelle les coudes respectifs de la Hoëgne, du ruisseau de Hockai et du ruisseau de Hodial supérieurs.

L'absence de nécessité n'exclut évidemment pas la possibilité que la Warche soit néanmoins passée anciennement par le Roannai. Si cela devait être le cas, la

disposition des lieux suggère que le tracé le plus probable aurait fait la jonction entre les vallées de l'Eau Rouge et du Roannai par celle du Rohon-Hodial (figures 2 et 3). Il existe en effet entre Rohon et Roannai un col large de ~1 km et d'altitude comprise entre 480 et 485 m. Dans ce cas, à Planerèces, soit ~8 km en amont, la Warche aurait pu se trouver vers 515 m d'altitude, si on admet une pente longitudinale de ~4‰. A cette époque, elle aurait donc bien été déjà prisonnière des vallées des Chôdires et de l'Eau Rouge.

Cette Warche hypothétique aurait ensuite été capturée par l'Eau Rouge inférieure actuelle (ou ruisseau de Stavelot de la figure 3A) comme l'indiquent les cailloux traceurs des alluvions de la Warche que l'on retrouve à proximité de Challe/Stavelot (Pissart & Juvigné, 1982), ainsi qu'un cailloutis en place mis au jour lors du recouplement du circuit de Francorchamps à Blanchimont sur le versant de rive gauche de la vallée de l'Eau Rouge. Cette capture aurait été favorisée par le fait que l'Eau Rouge inférieure actuelle coulait principalement dans la dépression du poudingue de Malmédy à des altitudes inférieures à celle où serait passée la Warche à Francorchamps, et le recul de sa source aurait détourné la Warche-Roannai à hauteur du raidillon du circuit automobile. On notera toutefois le caractère très inhabituel d'une telle évolution où un coude préexistant d'une rivière aurait disparu à la suite d'une capture, alors qu'en général c'est plutôt la réalisation d'une capture qui crée un coude marqué dans une vallée (à l'exemple du coude de la Hoëgne supérieure). De plus, au contraire du coude de la Warche entre Mont-Xhoffraix et Bévercé, déterminé par la présence d'une zone faille active orientée au NNO (Demoulin, 1988), un coude d'une ancienne Warche au "raidillon" ne trouve aucune justification, ni lithologique, ni tectonique, ni topographique. *A fortiori*, un détour encore plus accentué du cours de l'ancienne Warche par le ruisseau de Hockai semble encore bien plus improbable. Cette dernière hypothèse a d'ailleurs entraîné Delvenne (2003, p.27, figure 2.4) à considérer une évolution géomorphologique complexe, logique, mais peu crédible du réseau hydrographique local.

Données et questions sédimentologiques

L'explication géomorphologique peut donc se passer d'une Warche-Roannai, mais ne peut prouver son existence. La réponse à cette question doit être cherchée du côté des témoins sédimentaires des anciens cours de la rivière. Cet argument a par exemple été décisif pour reconnaître le passage de la Warche par la vallée de l'Eau Rouge actuelle (Pissart & Juvigné, 1982). Toutefois, la conservation de témoins aussi vieux que ceux qui auraient accompagné la Warche-Roannai, est très aléatoire dans un contexte d'incision généralisée des rivières.

A ce jour, quelques observations préliminaires ont fourni les indications suivantes :

- aucun caillou traceur des alluvions de la Warche (phylade violet, arkose) n'a été trouvé dans aucune des tranchées réalisées dans les divers cols localisés autour de Ster, où la roche en place a chaque fois été atteinte sous une mince (≤ 2 m) couverture meuble constituée de limon incluant des débris de roches locales ;

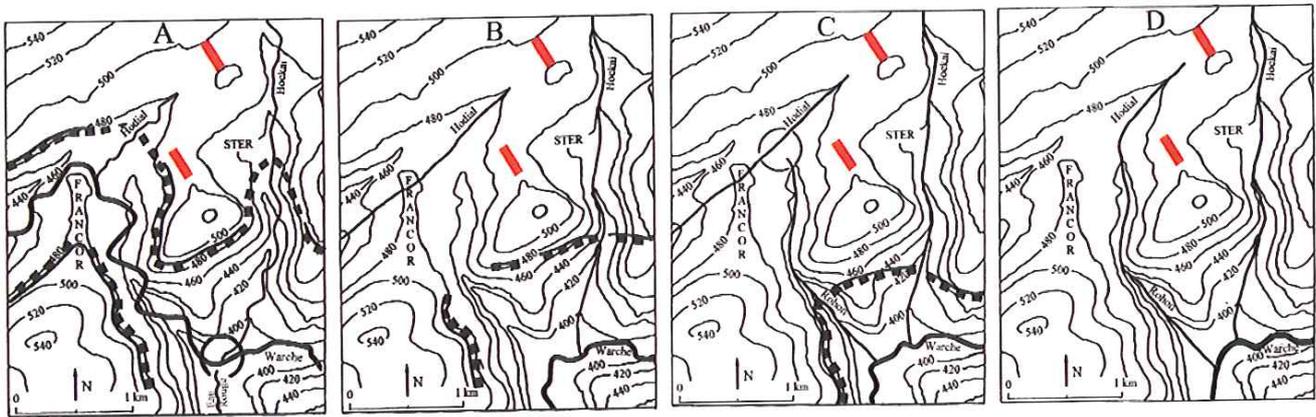


Fig. 3 : Evolution du réseau hydrographique pour passer de l'hypothétique Warche-Roannai à la Warche de l'axe Chôdières-Eau Rouge.

Explications : la région considérée ici est encadrée sur la figure 2.

Les traits rouges indiquent les cols où des tranchées et des sondages sismiques ont été réalisés.

A. La Warche, représentée par un trait gras, tourne vers le nord au pied du 'raidillon' en direction du col de Francorchamps. Le trait noir avec rectangles associés délimite l'espace de liberté dont on dispose pour faire passer la Warche lorsqu'elle coulait à l'altitude de 480-485 m. Dans l'hypothèse proposée ici, l'actuelle Eau Rouge inférieure devait prendre sa source près du raidillon et allait capturer la Warche (dans le cercle).

B. La Warche vient d'être capturée et s'écoule vers Stavelot en suivant le tracé de l'actuelle Eau Rouge inférieure. Le ruisseau de Hodial poursuit son cours dans le lit abandonné de la Warche au-delà du col de Francorchamps.

C. La Warche s'est encaissée et le ruisseau de Rohon s'est développé par érosion régressive dans la vallée abandonnée. La source du Rohon recule et va venir capturer le ruisseau de Hodial (dans le cercle).

D. Le réseau hydrographique qui a subsisté jusqu'à ce que la Warche se fasse capturer à Bévercé est acquis.

- aucun caillou traceur n'a non plus été observé dans les lits mineurs du Rohon-Hodial et du ruisseau de Hockai, où ils auraient pu se trouver à l'état remanié en provenance des versants ou des cols. Même la recherche de cailloux dont l'éroulé évolué aurait pu être rapporté à un transport par la Warche, comme sur le site proche de Blanchimont le long de l'Eau Rouge, s'est révélée vaine ;
- tous les affleurements disponibles sur le large replat correspondant au col qui supporte le village de Francorchamps ont montré le substrat schisteux immédiatement sous un sol limoneux épais de quelques décimètres. Aucun caillou de la Warche n'y a été trouvé.

Conclusion

Aucune des données sédimentologiques disponibles n'étaye l'existence d'une Warche-Roannai. L'hypothèse de Goossens ne peut donc être soutenue que par des arguments géomorphologiques débouchant surtout sur des spéculations, ce qui la rend fort aléatoire.

La faible résistance à l'érosion des schistes salmiens du synclinal du Roannai explique la disproportion qui existe entre la petitesse du ruisseau et le développement important de sa vallée.

D'autre part, la cartographie et l'analyse pétrographique soignées des restes des plus hautes terrasses présentes dans l'Eau Rouge et dans le Roannai devraient permettre de fixer dans l'une ou l'autre vallée le passage de la Warche au cours du Quaternaire ancien.



Le front de taille des "Carrières de la Warche". Dans la partie supérieure, un lambeau de poudingue repose en discordance sur les quartzo-phylles ; il est à une altitude inférieure d'une cinquantaine de mètres à celle de la capture de la Warche et atteste que celle-ci a bien eu lieu dans la poudingue.

L'évolution géomorphologique dans le secteur de l'ancienne confluence Warche-Trô Maret

par Yannick DELVENNE*, Alain DEMOULIN** et Etienne JUVIGNÉ*

*Université de Liège, Unité de Géographie physique

**Fonds national de la Recherche scientifique

Sart Tilman, B11, 4000 Liège

Remarque préliminaire

Le présent article est le troisième d'une série consacrée à l'évolution du cours de la Warche. Le premier était un rapport de l'état des connaissances en la matière jusqu'en 2003 (Juvigné, 2004); on y trouve notamment deux cartes (Hautes Fagnes 2004/2 : figure 1, p. 48 et figure 7, p. 50) qui contiennent tous les noms de lieux et de cours d'eau cités dans le texte qui suit. Le deuxième article concernait l'évolution du réseau hydrographique primitif du bassin de la Warche depuis sa naissance au Tertiaire jusqu'au Quaternaire ancien (Demoulin *et al.*, 2004). Le texte qui suit est consacré à l'évolution des cours de la Warche et du Trô Maret dans le secteur du lieu-dit Trô Maret.

Introduction

Des cailloutis de la Warche, avec leurs galets caractéristiques de phyllade violet et d'arkose, ont été découverts à deux niveaux différents sur le versant droit de la vallée du Trô Maret, successivement par Pissart et Juvigné (1982), puis par Juvigné (1985). Ces cailloutis sont toujours visibles, car les tranchées qui ont été exécutées pour les mettre au jour ont été entretenues périodiquement par "Les Amis de la Fagne". Ces découvertes constituent une preuve irréfutable du fait que la Warche est la principale responsable du creusement de la large vallée Chôdières-Eau Rouge.

Du cours E-W du plateau de Planerèces aux coudes de Bévercé et des Chôdières

Les reliefs qui existent au-dessus du niveau du plateau de Planerèces (figure 1), montrent qu'à l'aval de Robertville, on dispose d'un vaste espace de liberté pour placer le cours de la Warche (figure 1), ce qui a été discuté par Demoulin *et al.* (2004). Toutefois, dans le secteur de Planerèces-Trô Maret, pour permettre l'encaissement de la Warche dans la vallée Chôdières-Eau Rouge, il est logique de placer le

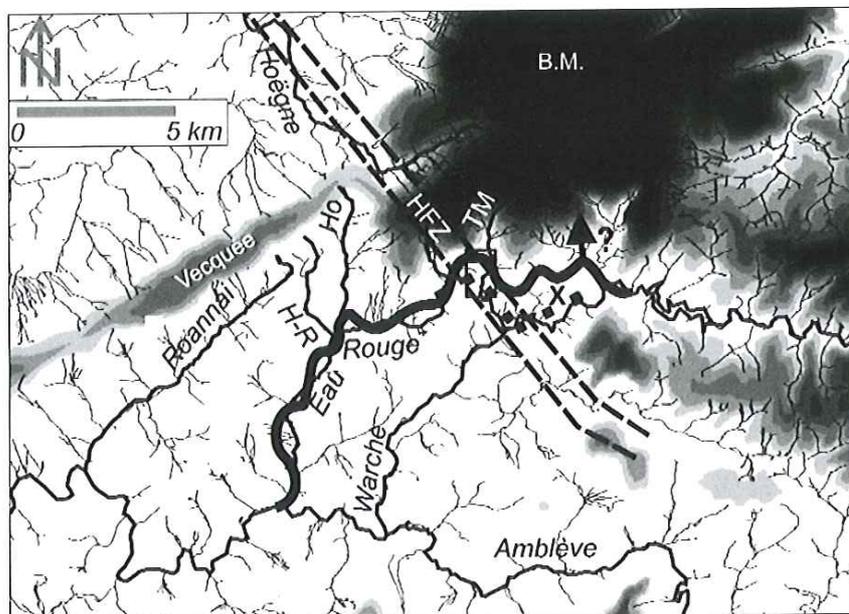


Fig. 1. Modèle numérique de terrain noyé à 530 m et montrant une position possible de la Warche au niveau du plateau de Planerèces, au moment où elle allait commencer son encaissement dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge.

Explications. L'espace en blanc représente les régions qui sont actuellement en dessous de 530 m d'altitude. Le tracé divagant de la Warche (trait gras continu), à l'amont et à l'aval de Planerèces (rectangle), exploite partiellement et de façon arbitraire l'espace de liberté que le relief actuel accorde pour placer la rivière sur le flanc sud de la retombée du plateau des Hautes Fagnes. La flèche et son point d'interrogation indiquent que la Warche pourrait avoir coulé à la retombée méridionale du replat des 'Trois Hêtres' dans l'amphithéâtre de Xhoffraix-Hargister. Dans la région de Ster-Francorchamps, le tracé ne tient pas compte de la faible probabilité que la Warche soit passée dans la vallée du Roannay (Demoulin *et al.*, 2004). Le trait pointillé correspond au tracé du cours de la Warche dès qu'elle s'est encaissée sous le niveau du plateau de Planerèces. Le double trait discontinu délimite la zone de faille de Hockai (HFZ/Hockai Fault Zone). B.M. = plateau de la Baraque Michel ; TM = Trô Maret ; X = Xhoffraix ; H-R = ruisseau de Hodial-Rohon ; HO = ruisseau de Hockai. Le rectangle délimite la région de Planerèces et du lieu-dit Trô Maret, dont l'étude fait l'objet du présent article.

cours d'eau dans le prolongement de son cours E-W à l'amont de Robertville, comme Goossens (1956) en a émis l'hypothèse.

Dans la région de Mont-Xhoffraix, il existe des replats à la même altitude que celle du plateau de Planerèces (environ 530 m). Si on y découvrirait des cailloutis, cela permettrait de positionner avec certitude l'ancien cours de la Warche à ce niveau. Pour notre part, nous avons recherché des galets de la Warche sur le plateau de Planerèces, car sa morphologie subhorizontale fait nécessairement penser à une terrasse fluviale. Des parties de blocs

de quartzite anguleux y affleurent systématiquement, et plusieurs fouilles ont montré, sous la couche d'humus, la présence d'une couche de limon d'une trentaine de centimètres d'épaisseur, contenant de plus en plus de cailloux anguleux du socle local vers le bas. Le plateau de Planerèces est donc soit une terrasse fluviale dénudée, soit une surface d'érosion, qui, à cette altitude, ne pouvait se raccorder qu'à des plaines alluviales locales.

Dès qu'elle s'est encaissée sous ce plateau, la Warche s'est trouvée endiguée dans une vallée qui l'a maintenue dans l'axe Chô-

dières-Eau Rouge jusqu'au moment de sa capture à Bévercé.

La forme en baïonnette que la Warche a adoptée à cette période, a été expliquée par l'influence de la zone de faille de Hockai (figure 1), qui a pu orienter le développement du tronçon S-N, de Bévercé au lieu-dit Trô Maret (Demoulin *et al.*, 2004).

Recherche des cours de la Warche dans le coude vers les Chôdières

Les données de la littérature

La vallée inférieure du Trô Maret est taillée perpendiculairement à travers une série de couches sub-verticales de quartzite et de phyllades orientées W-E, les premières étant plus dures que les secondes sont toujours saillantes. C'est la forme tronquée horizontalement à 465 m d'altitude de l'une des couches de quartzite (figure 2, Q1) qui a conduit Pissart et Juvigné (1982) à découvrir à la même altitude, et dans son voisinage immédiat, un cailloutis de la Warche à 465 m d'altitude (figure 2). A l'endroit de l'affleurement, ce cailloutis est dans une position remaniée, mais très

près des alluvions en place ; nous le désignons sous la forme 'C>465' pour indiquer que le cailloutis en place est à une altitude légèrement supérieure à 465 m (figure 7).

La position de l'ancienne confluence Trô Maret-Warche est en réalité inapparente, car totalement remblayée par des dépôts de pente périglaciaires.

Pissart et Juvigné (1982) ont proposé un modèle qui, à l'époque était basé sur la seule connaissance du cailloutis C>465, et sur la possibilité de faire passer la vallée correspondante par le replat R1 (figure 3). Dans ce modèle, la Warche amorce donc son virage vers les Chôdières immédiatement à l'aval du cailloutis C>465, laissant ainsi au seul Trô Maret le rôle d'avoir creusé le tronçon de vallée qu'il occupe actuellement au nord du même cailloutis (figure 2).

La découverte du cailloutis C455 a imposé l'existence d'une vallée plus encaissée de la Warche dans le même secteur, et Juvigné (1985) a admis, de façon implicite, qu'elle était incisée dans la vallée dessinée au niveau de C>465 par Pissart et Juvigné (1982) (figure 2).

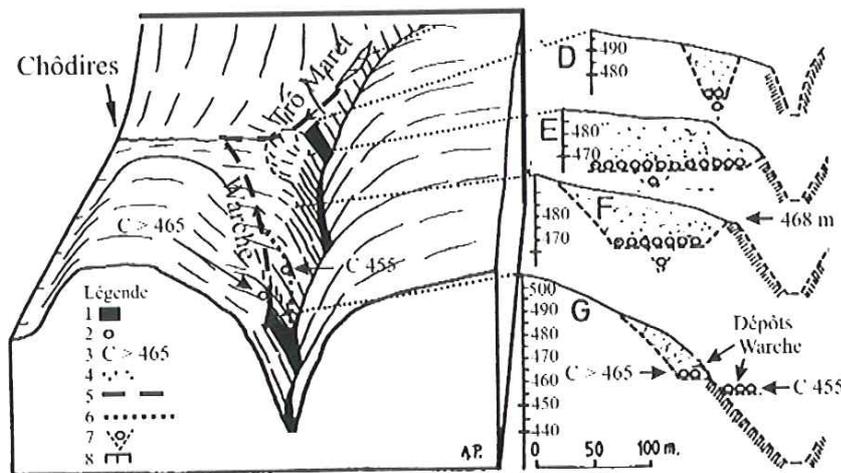


Fig. 2. Ancienne confluence Trô Maret-Warche d'après Pissart et Juvigné (1982, modifié).
Légende : 1. couche de quartzite ; 2. cailloutis de la Warche ; 3. abréviation désignant les cailloutis de la Warche (C>465 et C455) ; 4. dépôts de pente ; 5. position de la Warche et du Trô Maret au niveau du cailloutis C>465 d'après Pissart et Juvigné (1982) ; 6. position de la Warche et du Trô Maret au niveau du cailloutis C455 d'après Juvigné (1985) ; 7. incision de la Warche et du Trô Maret correspondant au cailloutis C455 (d'après Juvigné, 1985) ; 8. roche en place.
Remarque. Les altitudes des cailloutis de la Warche rapportées ici sont quelque peu différentes de celles attribuées antérieurement par Pissart et Juvigné (1982) et Juvigné (1985). Ces auteurs avaient utilisé comme repères des courbes de niveaux de la carte topographique au 1/10.000^e. Les nouvelles valeurs sont basées sur la détermination par GPS de l'altitude d'un point dans le col au lieu-dit Trô Maret (voir figure 3), au départ duquel des nivellements ont été effectués. C'est ainsi, notamment, que : a) l'altitude du cailloutis supérieur remanié (C>465) est passée de 470 m (Pissart et Juvigné, 1982) à 465 m, et celle de la base du cailloutis inférieur en place (C455), de 460 m (Juvigné, 1985) à 454,9 m.

Des observations nouvelles conduisent à revoir l'itinéraire que suivait la Warche au niveau des cailloutis C>465 et C455.

Etude de la retombée nord et est du plateau de Planerèces

Dans le coude qui conduisait la Warche dans la vallée des Chôdières, des recherches géomorphologiques nouvelles et des sondages électriques ont été réalisés de façon à mieux cerner l'évolution du cours (figure 3).

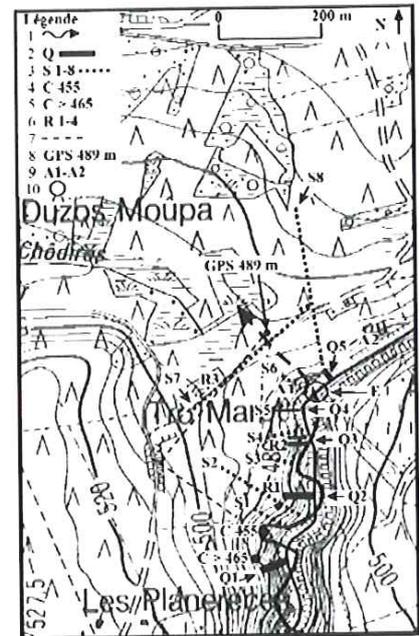


Fig. 3. Quelques traits géomorphologiques du lieu-dit Trô Maret.
Explications : Extrait de la carte topographique dont l'espace est localisé sur la figure 1.

1. tracé hypothétique du cours de la Warche au niveau du cailloutis C455 ; 2. principales couches de quartzite en position subverticale ; 3. S1-S8, position des sondages électriques effectués pour rechercher les vallées enfouies de la Warche et du Trô Maret : les tomographies des sondages S1 à S6 peuvent être consultées dans le mémoire de licence de Delvenne (2003), les tomographies des sondages S7 et S8 sont publiées ci-après (voir figure 5) ; 4. cailloutis de la Warche C455 ; 5. cailloutis de la Warche C>465 ; 6. replats : R1 (~468 m), R2 (~472 m), R3 (~487 m) ; 7. nouveaux chemins aménagés en 2001 ; 8. point coté au moyen du GPS (489,18 m) ; 9. amphithéâtre avec morphologie attestant la présence d'une épaisse couche de matériaux meubles ; 10. entrée de la Warche dans les Chôdières.

Compte tenu de l'altitude du cailloutis C455 et de celle du col à l'entrée de la vallée des Chôdières (environ 490 m), les dépôts de pente

périglaciaires qui y enfouissent la vallée fossile la plus profonde de la Warche doivent atteindre une épaisseur d'environ 35 m. Des sondages électriques, localisés sur la figure 3, ont été réalisés pour visualiser ces dépôts et tenter de localiser la vallée fossile profonde avec davantage de précision.

Aucun des sondages électriques S1 à S6 (Delvenne, 2003) ne laisse soupçonner une forte épaisseur de dépôts meubles qui pourraient reposer sur un cailloutis de la Warche. Ceci implique que les cailloutis C>465 et C455 sont nichés chacun dans un petit amphithéâtre, et qu'à l'aval de ceux-ci, la Warche continuait à couler vers le NNE, donc à l'endroit de la vallée actuelle du Trô Maret, mais à contre sens de celui-ci. De plus, les observations suivantes empêchent de positionner l'entrée de la Warche dans les Chôdières dans les 350 m compris entre le cailloutis C455 et l'amphithéâtre A1 :

- aucun replat qui puisse représenter un lambeau de terrasse de C455 n'est apparent à ce niveau ;
- l'espacement entre les couches de quartzite en affleurement est généralement insuffisant pour avoir contenu la vallée de la Warche ;
- entre ces couches de quartzite, aucune morphologie chaotique propre aux glissements de terrain n'a été observée, alors que de tels mouvements pourraient avoir eu lieu dans des matériaux meubles sur une pente aussi forte.

Ce n'est qu'au point marqué 'E' sur la figure 3 qu'ont été trouvées les conditions requises pour avoir permis le passage de la Warche vers les Chôdières. A cet endroit, il existe un espacement suffisant (environ 25 m) entre deux couches de quartzite successives pour avoir pu contenir la Warche. De plus, il s'y trouve un amphithéâtre déjà signalé par Pissart et Juvigné (1982), dont la morphologie atteste qu'il est développé dans des formations meubles épaisses, car sa pente générale est plus faible que celle du versant rocheux adjacent. Des indices morphologiques de glissement de terrain y sont aussi clairement apparents, et notamment une forme en bourrelet au pied d'un escarpement de décrochement d'environ 2 m de dénivelée, situé dans la partie supérieure de l'amphithéâtre.

Sur la base d'un nivellement

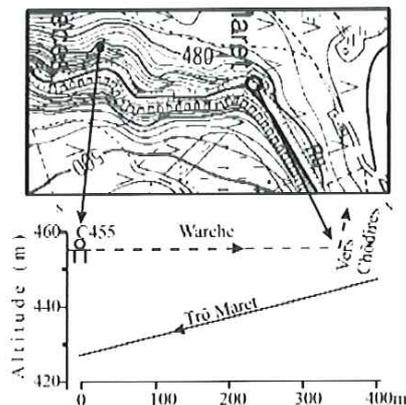


Fig. 4. Entre le cailloutis C455 et l'entrée de la vallée morte, profil longitudinal réel du Trô Maret actuel et profil longitudinal de la Warche ancienne, reconstitué avec une pente supposée de 4%, identique à celle qui existe au niveau des hautes terrasses de la Warche entre Robertville et Bévercé, d'après Pissart et Juvigné (1982).

de précision, nous avons dessiné à la fois le profil longitudinal actuel du Trô Maret et le profil hypothétique de l'ancienne Warche (figure 4).

Les profils de la figure 4 montrent qu'à l'entrée de la vallée morte, le lit ancien de la Warche de C455 devrait se trouver à moins de 11m au-dessus de la roche en place qui affleure partout dans le lit du Trô Maret. Des fouilles en tranchées vont être entreprises à cet endroit par les Amis de la Fagne de façon à y chercher le cailloutis équivalent à C455.

Sondages électriques dans le secteur de la paléoconfluence Trô Maret-Warche

Deux sondages électriques profonds ont été réalisés pour localiser respectivement les vallées fossiles de la Warche et du Trô Maret dans le secteur de leur confluence au lieu-dit Trô Maret ; les résultats obtenus sont représentés à la figure 5.

Vallée fossile de la Warche

La tomographie du sondage S7 (figure 5A) réalisé à travers le col situé à l'entrée de la vallée des Chôdières, comprend trois parties nettement distinctes.

Dans la partie extérieure du coude (NE), il existe une vallée fossile profonde entièrement comblée par des dépôts de pentes. On sait que le dernier cours de la Warche pénétrait dans les Chôdières aux environs de 454 m d'altitude (voir plus haut), et on remarque que la couleur

jaune dans la tomographie (figure 5A) se trouve à cette même altitude dans sa partie la plus profonde.

Dans la partie centrale, il existe un replat fossile (Rf) entre les cotes 120 et 180 m, à une altitude d'environ 475m ; ce replat devrait être une terrasse de la Warche. On peut ici se souvenir que, dans une tranchée effectuée dans la partie centrale de l'amphithéâtre A1 (Bastin et Juvigné, 1978), la roche en place a été atteinte vers 470 m d'altitude sous d'épais dépôts de pente ; il devrait s'agir du même replat.

Dans la partie intérieure du coude (SW), le contact entre les terrains meubles et le substratum devrait se trouver entre 2 et 3 m de profondeur. C'est ici l'occasion de rappeler que Pissart (1953) a réalisé une tranchée dans la partie la plus basse du col, donc probablement sur le rebord SE de la vallée fossile, et l'auteur écrit : "Nous nous sommes arrêtés à une profondeur de 2,7 m, en n'ayant rencontré qu'un limon jaune englobant des débris de quartzite et de phyllade reviniens apportés par des agents de transport en masse. Au point le plus bas de notre fouille, nous avons trouvé plusieurs cailloux de quartzite indubitablement roulés". A l'époque, Pissart cherchait uniquement un cailloutis du Trô Maret, mais on sait aujourd'hui qu'il pourrait s'agir d'un mélange de cailloutis de la Warche et du Trô Maret dans leur zone de confluence.

Dans l'ensemble le profil du substratum enfoui montre que, lors de son encaissement, le coude de la Warche a glissé de façon centrifuge.

Paléoconfluence Trô Maret-Warche

Nous avons rappelé plus haut que Pissart et Juvigné (1982) ont proposé un modèle suivant lequel le Trô-Maret se jetait dans la Warche par une vallée enfouie au NW de la barre de quartzite Q5 (revoir la figure 2). Ils ont expliqué le colmatage intégral de cette vallée par des dépôts de pente périglaciaires qui ont repoussé le Trô Maret contre son versant rocheux de rive gauche, dans lequel le cours d'eau s'est ensuite réincisé ; c'est le processus de surimposition.

La tomographie de la figure 5B montre que le contact entre les dépôts meubles et le sommet du sub-

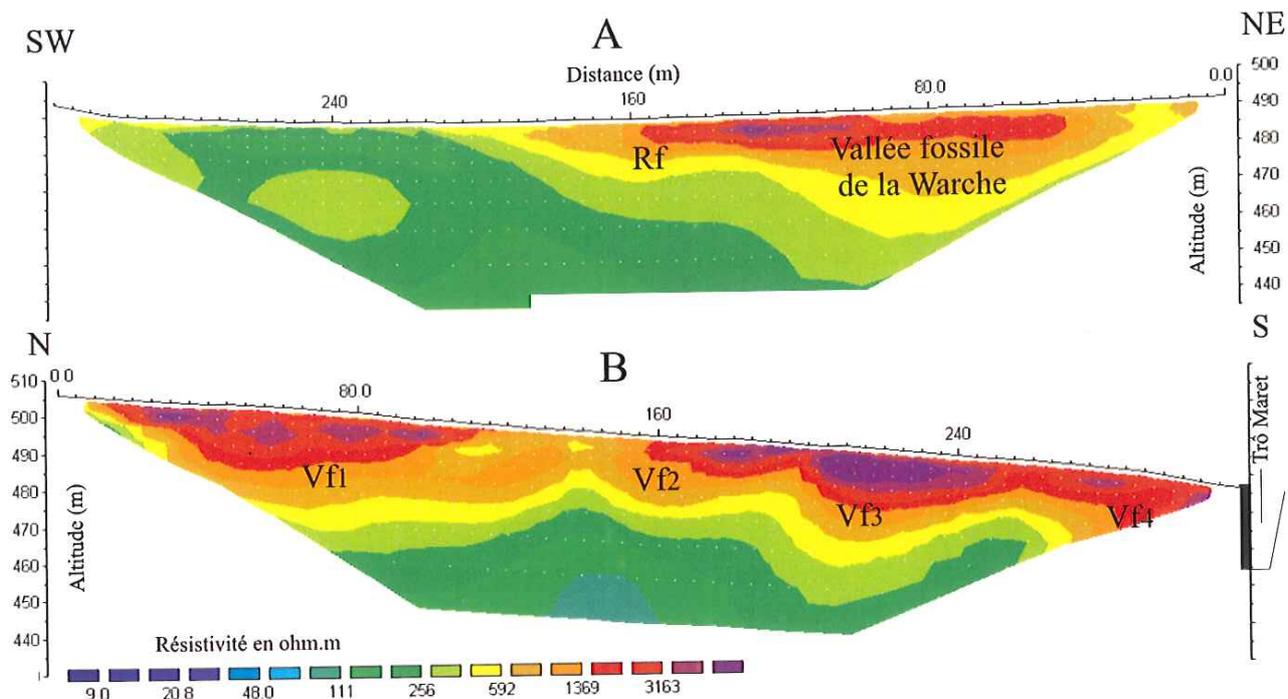


Fig. 5. Tomographies de sondages électriques profonds réalisés dans le secteur de la paléoconfluence Trô Maret-Warche : A, vallée fossile de la Warche (sondage S7); B, vallées fossiles du Trô Maret (sondage S8).

Explications. Les lignes de sondage sont localisées sur la figure 3 en S7 et S8. Les faibles résistivités (couleurs vertes) peuvent être attribuées à la présence du substratum paléozoïque, les autres plus élevées (brun et rouge) caractérisent les dépôts meubles. La couleur jaune devrait correspondre à la zone de contact entre les dépôts meubles et le substratum.

stratum permet de soupçonner la présence de quatre vallées fossiles successives dont les fonds se situent respectivement aux environs de 475 m (Vf1), 477 m (Vf2), 465 m (Vf3) et moins de 460 m (Vf4). Cette disposition est aussi en faveur du glissement centrifuge d'un coude que dessinait le Trô Maret inférieur à sa confluence avec la Warche (figure 6).

L'hypothèse de l'existence d'une vallée enfouie du Trô Maret, émise par Pissart et Juvigné (1982) se trouve donc confortée, mais elle peut être nuancée. A l'examen de la tomographie, on peut supposer que le processus de refoulement du Trô Maret, suivi de sa surimposition a eu lieu à quatre reprises, d'abord de Vf1 en Vf2, puis de Vf2 en Vf3, ensuite de Vf3 en Vf4, et enfin de Vf4 dans la vallée actuelle. Dans ce cas, la dernière confluence Trô Maret (Vf4)-Warche devrait se trouver plus près du cours actuel du Trô Maret, que ne l'ont suggéré Pissart et Juvigné (1982). Elle devrait impliquer la vallée fossile Vf4 dont la tomographie montre d'ailleurs qu'elle est la plus profonde des vallées fossiles, ce qui est en accord avec l'altitude du dernier lit de la Warche

à cet endroit, soit environ 454m. La barre de quartzite Q5 ne devrait être qu'une colonne de quelques mètres de diamètre dont la partie orientale est en affleurement et la partie occidentale fossilisée. Quant à l'amphithéâtre A2, il est développé dans les formations meubles qui remblaient la dernière vallée fossile (Vf4) du Trô Maret inférieur de l'époque.

Synthèse sur l'évolution géomorphologique du coude de la Warche vers les Chôdières (figure 6)

C'est au niveau du plateau de Planerèces (528 m) que le coude de la Warche vers les Chôdières s'est mis en place.

Dans la partie SW du col Chôdières-Trô Maret (R3), la roche en place doit être présente à faible profondeur (2 ou 3 m) et sur une distance transversale d'une centaine de mètres. L'observation antérieure de cailloux roulés trouvés au fond d'une tranchée à cet endroit suggère qu'il pourrait s'agir d'une terrasse de la paléoconfluence Trô Maret-Warche aux environs de 487 m d'altitude. Nous faisons passer par ce

replat un cours de la Warche (cours A), divagant en raison de l'espace de liberté disponible.

La partie inférieure du replat R2 se trouve à 472 m d'altitude et correspond à une couche de quartzite tronquée horizontalement. De ce fait, ce replat pourrait être un autre lambeau de terrasse de la Warche. Nous y faisons passer le cours B.

La partie inférieure du replat R1 se trouve à 468 m d'altitude, également à la hauteur non seulement d'une couche de quartzite tronquée horizontalement, mais aussi du cailloutis C>465. Il devrait donc s'agir d'un lambeau de terrasse de la Warche. Le cours correspondant (cours C) devait contourner le replat R2 (472 m) par l'est, et passer par la partie sud de l'amphithéâtre A1 où la roche en place a été atteinte à une altitude concordante.

Le replat fossile Rf, identifié dans la tomographie 5A aux environs de 475 m devrait aussi être un lambeau de terrasse; compte tenu de l'incertitude sur son altitude, il pourrait faire partie de l'un ou l'autre des niveaux de terrasse attestés par les replats R1 ou R2.



Fig. 6. Les glissements centrifuges respectifs de la Warche et du Trô Maret inférieur à l'entrée de la vallée des Chôdières.

Explications. Les cours anciens de la Warche sont désignés par les lettres A, B, C et D; ils sont dessinés sur la base des repères qui ont été utilisés pour les identifier avec certitude (C>465 et C455), ou en soupçonner l'existence (R1, R2, R3, Rf). Les vallées fossiles successives du Trô Maret inférieur sont appelées respectivement Vf1, Vf2, Vf3 et Vf4. Quelques sigles utiles à la bonne compréhension de cette figure sont empruntés à la légende de la figure 3, où on peut en trouver la signification.

En raison de l'incertitude qui existe sur l'estimation de l'altitude des fonds des vallées fossiles Vf1, Vf2 et Vf3 du Trô Maret, toute tentative de raccord avec les cours de la Warche (A, B, C) est inopportune, d'où l'indépendance des deux ensembles de réseaux sur la figure 6.

Enfin, le cours correspondant au cailloutis C455 devait se trouver dans une vallée en V encaissée d'une dizaine de mètres de profondeur dans le niveau de terrasse précédent (C>465-R1), et entrer dans la vallée des Chôdières par le pied de l'amphithéâtre A1 et de la colonne de quartzite Q5 vers 454 m.

C'est donc la Warche qui a creusé la plus grande part du substratum jusque 454 m et à l'endroit la couche de quartzite Q5, le Trô Maret n'étant responsable que du creusement sous ce niveau.

Conclusion

La Warche a coulé dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge, dès

qu'elle s'est incisée en dessous du niveau du plateau de Planerèces (528 m). Ce plateau est une surface d'érosion, voire une terrasse dénudée de la Warche.

Les résultats d'observations géomorphologiques et de sondages électriques montrent un glissement centrifuge du coude de la Warche et de celui du Trô Maret au fil de l'encaissement des deux cours d'eau dans leur zone de confluence. Cet encaissement s'est poursuivi jusqu'au niveau C455, où les deux cours d'eau coulaient chacun dans une vallée en V. C'est à ce niveau

que la Warche a été capturée entre Bévercé et Mont-Xhoffraix, abandonnant ainsi son cours du tronçon Chôdière-Eau Rouge. L'incision totale dans les quartzites et phyllades, entre le plateau de Planerèces et C455 a donc été d'environ 70 m.

Remerciements

Les sondages électriques profonds S7 et S8 ont été réalisés avec du matériel mis gracieusement à notre disposition par la Société Gtec que nous remercions chaleureusement.

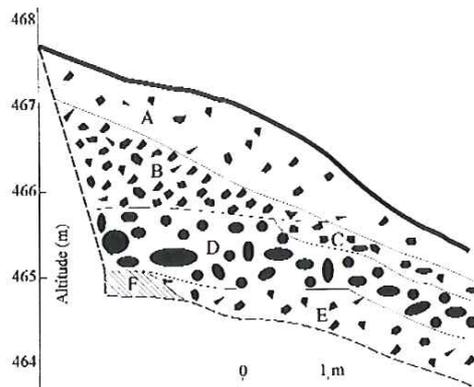
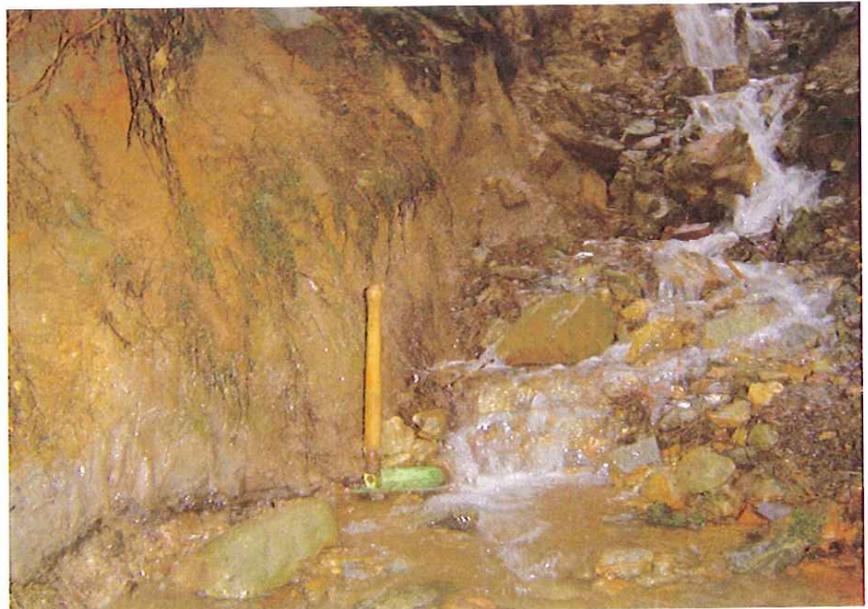


Figure 7. Coupe de la tranchée réalisée à 465m sur le versant droit du Trô Maret (localisation, in Juvigné, 2004, Fig.7, point T4).

Légende. A, limon avec faible charge de cailloux anguleux (dépôt de pente); B, limon avec forte charge de cailloux anguleux (dépôt de pente); C, limon avec forte charge de cailloux anguleux et de quelques cailloux bien émoussés (dépôt de pente); D, cailloutis fluviatile avec notamment des galets de phyllade violet et d'arkose (cailloutis de la Warche); la tranchée a été arrêtée à l'endroit où l'on atteignait pratiquement le cailloutis en place; E, limon avec charge de cailloux anguleux (dépôt de pente); F, phyllade altéré (substratum).



Berge du ruisseau qui descend du plateau de Planerèces sur le versant droit de la vallée du Trô Maret (affleurement C455) de bas en haut : cailloux émoussés de la Paléowarche, couche de tourbe, argile limoneuse lacustre.

La capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix

par Etienne JUVIGNÉ et Yannick DELVENNE

Université de Liège, Unité de Géographie physique, Sart Tilman, B12A, 4000 Liège.

Remarque préliminaire

Le présent article est le quatrième d'une série consacrée à l'évolution du cours de la Warche. Le premier était un rapport de l'état des connaissances en la matière jusqu'en 2003 (Juvigné, 2004); on y trouve notamment deux cartes (Hautes Fagnes 2004/2 : figure 1, p.48 et figure 7, p.50) qui contiennent tous les noms de lieux et de cours d'eau cités dans le texte qui suit, ainsi que les définitions de termes propres à la géologie du Quaternaire qui sont employés ci-après. Le deuxième article concernait l'évolution du réseau hydrographique primitif du bassin de la Warche depuis sa naissance au Tertiaire jusqu'au Quaternaire ancien (Demoulin *et al.*, 2004). Le troisième retraçait l'évolution géomorphologique dans le secteur du lieu-dit Trô Maret, où le cours d'eau du même nom se jetait dans la Warche lorsque celle-ci coulait dans la vallée des Chôdières, puis de l'Eau Rouge (Delvenne *et al.*, 2004).

Introduction

Le texte qui suit est consacré à la capture qui a détourné la Warche du tronçon Chôdières-Eau Rouge vers la dépression de Malmedy. Il reprend des données de la littérature et apporte des compléments aux modèles existants. Nous décrivons les répercussions de cette capture dans les vallées d'une part nouvellement empruntées et d'autre part abandonnées. La région où se sont déroulés les faits que nous allons décrire est localisée sur la figure 1.

Bassins hydrographiques

Pour comprendre l'évolution morpho-sédimentaire qui a suivi la capture de la Warche, il est important de prendre conscience de la taille des bassins hydrographiques du Trô Maret supérieur, des Chôdières et du Targnon (figure 2). En effet, en période périglacière, ces bassins ont dirigé des coulées de solifluxion vers les fonds de vallée respectifs, où les sédiments pou-

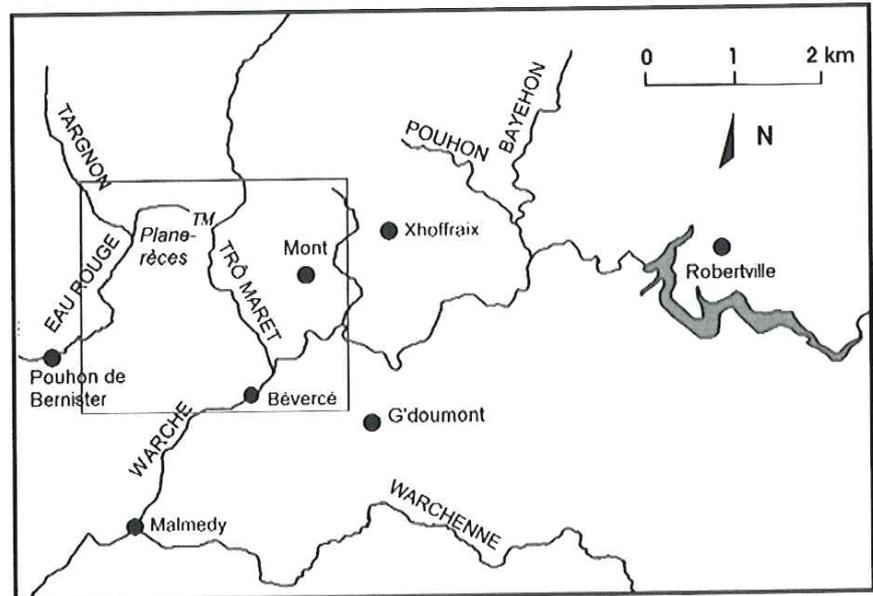


Fig. 1. Localisation de la région étudiée.

Explications

Cette carte est une partie de la figure 1 publiée dans Hautes Fagnes 2004/2, p.48. La région étudiée correspond à la partie encadrée; TM, lieu-dit Trô Maret.

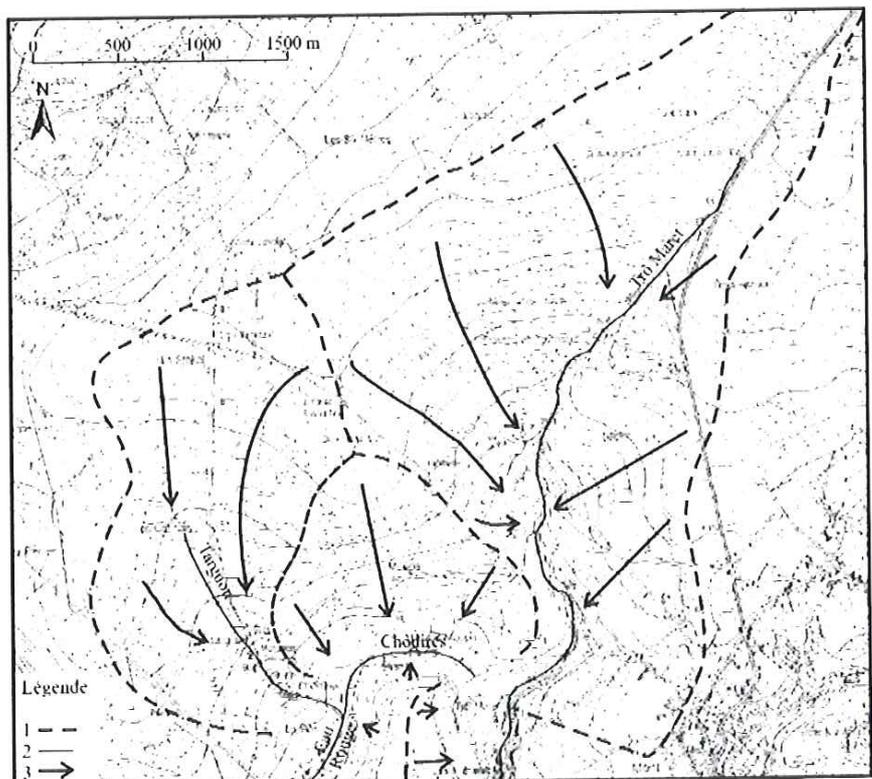


Fig. 2. Bassins hydrographiques.

Légende : 1, limite des bassins hydrographiques ; 2, cours d'eau actuels ; 3, sens du drainage dans les bassins versants.

vaient s'accumuler lorsque l'écoulement fluvial était insuffisant pour les évacuer.

On constate que le bassin du Trô Maret supérieur est le plus vaste, il draine notamment la plus grande partie de la retombée SE du plateau de la Vecquée et ses sédiments, particulièrement volumineux, devaient se concentrer au niveau du lieu-dit Trô Maret. Le bassin du ruisseau de Targnon est le deuxième en superficie ; ses coulées débouchaient nécessairement à la confluence actuelle Targnon-Chôdières-Eau Rouge. Quant au bassin direct des Chôdières, c'est le plus petit des trois et il n'est pas alimenté par le plateau de la Vecquée, donc le volume des matériaux drainés devait y être moindre, et ceux-ci s'étaient étalés sur toute la longueur de l'actuelle vallée des Chôdières.

Données de la littérature

Pissart et Juvigné (1982) ont découvert un cailloutis de la Warche à 465 m d'altitude, sur le versant droit de la vallée du Trô Maret à Planerèces, et ils ont attribué la capture de la Warche à Bévercé à un petit affluent de la Warchenne qui drainait la dépression de Malmedy. Jamar (1985) a émis l'hypothèse que cet affluent pouvait être souterrain sur la base de la présence de grottes, qui venaient d'être découvertes dans le poudingue de la dépression de Malmedy (Ozer, 1971). Juvigné (1985) a trouvé à Planerèces, à 455 m d'altitude, un cailloutis plus récent de la Warche. Delvenne *et al.* (2004) ont montré qu'il devait s'agir d'un cailloutis du dernier lit mineur de la Warche qui coulait par les vallées des Chôdières, puis de l'Eau Rouge. L'évolution que nous allons décrire commence à la situation qui existait lorsque la Warche passait à 455 m d'altitude à Planerèces.

Situation avant la capture

La Warche venant de Robertville décrivait entre Mont-Xhoffraix et Bévercé, à 1 km au NE de Bévercé, un coude qui la conduisait vers le NO, puis le Nord dans la vallée des Chôdières (figure 3). Cette forme étonnante, notamment en raison de la lithologie, a été expliquée par l'influence déterminante de la zone faillée de Hockai (Demoulin *et al.*, 2004). En respectant la pente

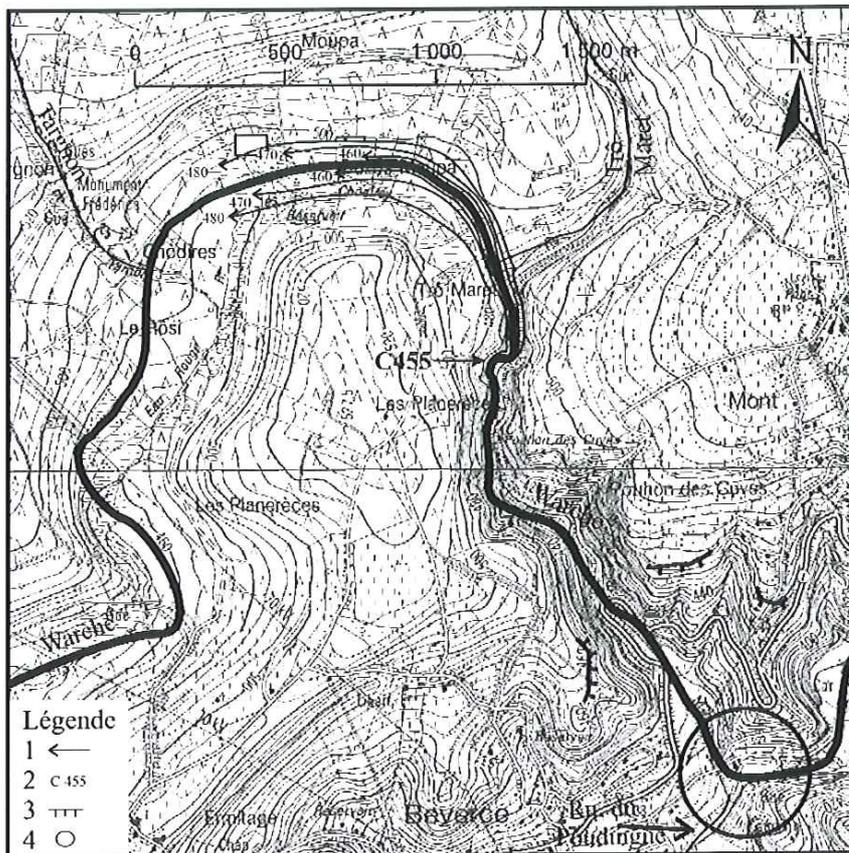


Fig. 3. Le réseau hydrographique à la veille de la capture de la Warche à Bévercé. Légende : 1, ébauche de courbes de niveaux du paléorelief dans le secteur du Trô Maret, lorsque la Warche y passait encore à 455 m d'altitude (cailloutis C455); 2, cailloutis de la Warche à 455 m d'altitude; 3, espace de liberté actuel pour placer la Warche de cette époque à l'entrée de sa vallée morte; 4, endroit où la capture de la Warche va avoir lieu par un affluent ('ruisseau du poudingue'), peut-être souterrain dans le poudingue de Malmedy.

longitudinale du tronçon Robertville-Bévercé (environ 4‰) jusqu'au cailloutis C455, on obtient une altitude d'environ 461 m à l'endroit du coude qui allait être le point de capture.

Situation juste après la capture

D'une part, à partir de Bévercé, la Warche empruntait la vallée du 'ruisseau du poudingue' qui venait de la capturer (figure 4). D'autre part, le tronçon de lit mineur entre le point de capture et le lieu-dit Trô Maret était asséché, mais à l'aval de l'ancienne confluence Warche-Trô Maret, ce dernier cours d'eau continuait à couler vers Stavelot, dans le lit abandonné par la Warche.

Conséquences de la capture

Pour comprendre la suite de l'évolution morpho-sédimentaire des

vallées étudiées, il est nécessaire de se préoccuper des modifications subies par le profil longitudinal de la Warche. Au moment où celle-ci s'est déversée dans le 'ruisseau du poudingue', le profil longitudinal de ce dernier devait être dans l'ensemble concave avec sa pente la plus forte dans sa partie amont (figure 5). S'il était souterrain (voir plus haut), il devait être en gradins en fonction des diaclases et joints de stratification existant dans le poudingue. Dans tous les cas, le profil torrentiel de la Warche dans ce tronçon a accru considérablement la capacité de transport et d'érosion du cours d'eau à cet endroit, ce qui a fait se développer l'érosion verticale et régressive qui, aujourd'hui, a atteint Robertville. Par ailleurs, les cartes topographiques montrent clairement que cette érosion régressive s'est aussi propagée dans tous les affluents de la

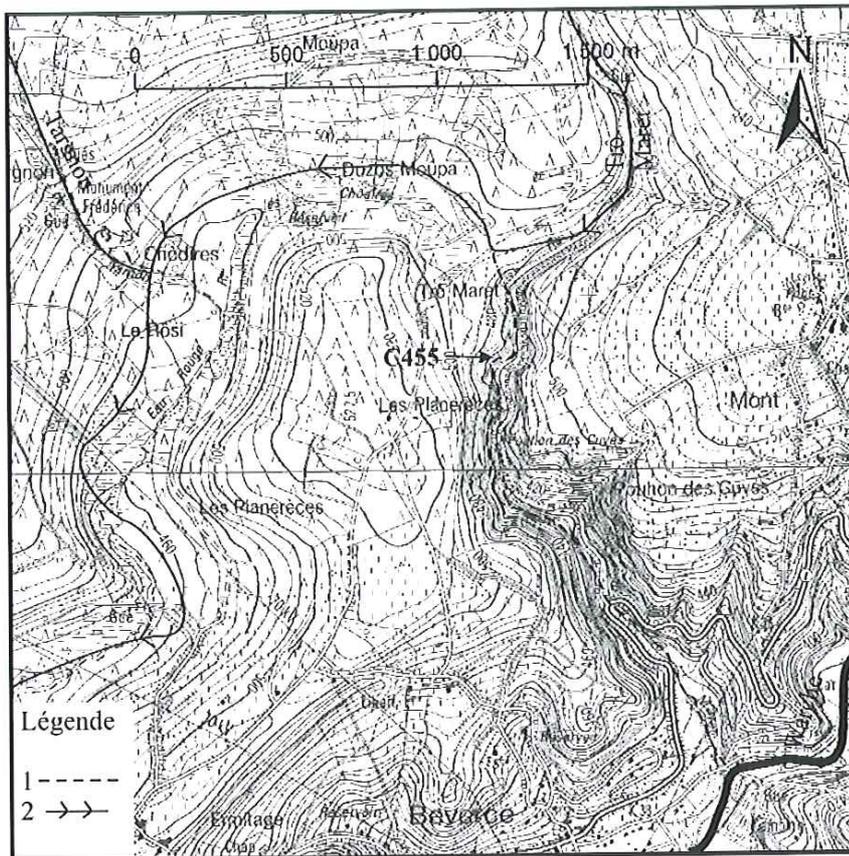


Fig. 4. Le réseau hydrographique juste après la capture de la Warche à Bévercé. Légende : 1, tronçon de lit mineur asséché ; 2, cours du Trô Maret suivant le sens des flèches.

Warche sur le tronçon Bévercé-Robertville.

Tendances de l'évolution morpho-sédimentaire

La capture de la Warche a déclenché des modifications considérables des processus géomorphologiques et sédimentaires tant dans la vallée abandonnée que dans la nouvelle vallée. Le processus d'érosion régressive, en encaissant la Warche à l'endroit de son point de capture, a donné une position de plus en plus perchée à l'entrée de la vallée abandonnée. Pendant ce temps, le Trô Maret continuait d'apporter la même quantité d'alluvions qu'auparavant à son ancienne confluence dans la Warche (au lieu-dit Trô Maret), mais cette dernière n'étant plus présente pour prendre ces alluvions en charge, celles-ci se sont accumulées à cet endroit sous la forme d'un cône de déjection. Un processus identique s'est développé à la confluence du Targnon, ainsi d'ailleurs qu'à chacune des autres confluences jusqu'à l'Amblève à Stavelot. Ces cônes de déjection ont constitué autant de barrages dans l'ancienne vallée de la

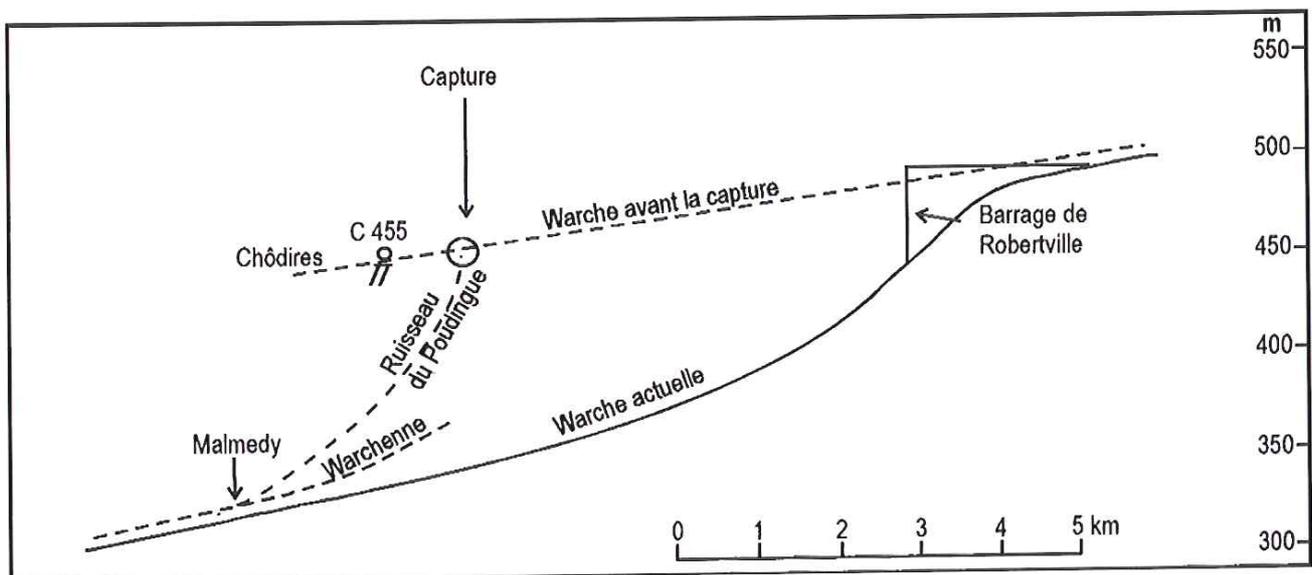


Fig. 5. Evolution du profil longitudinal de la Warche en conséquence de la capture intervenue à Bévercé.

Explications

Les profils en trait interrompu sont ceux qui correspondent à la situation immédiatement antérieure à la capture. La confluence entre le 'ruisseau du poudingue' et la Warchenne à Malmédy devait se situer à une altitude quelque peu supérieure à celle de l'actuelle confluence entre la Warche et la Warchenne, puisqu'on est en droit d'attendre que l'accroissement du débit apporté par la Warche ait provoqué une accélération de l'érosion verticale. Toutefois, la dénivelée proposée ici est purement indicative. Le profil longitudinal en trait plein est celui de la Warche actuelle ; il montre nettement que l'érosion régressive postérieure à la capture a atteint un point qui se situe aujourd'hui englouti dans le lac de Robertville sous la forme d'une discontinuité entre le profil subrectiligne de pente 4‰ à l'amont et le profil concave à l'aval.

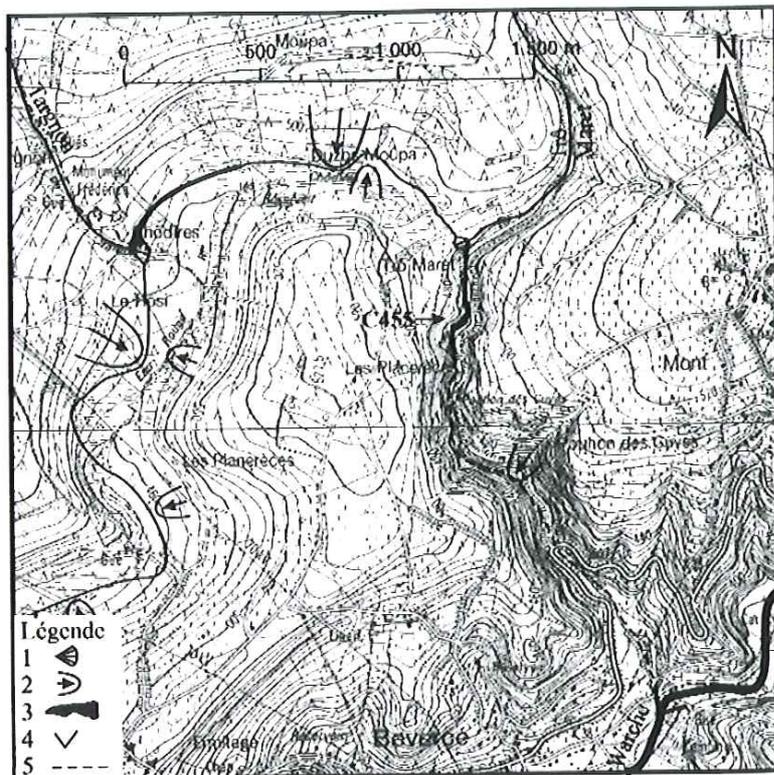


Fig. 6. Tendances de l'évolution morpho-sédimentaire dans la vallée abandonnée par la Warche.

Légende : 1, cône de déjection ; 2, coulée de solifluxion ; 3, lac ; 4, V indiquant que la Warche était en voie d'encaissement à l'endroit du point de capture et laissait la vallée abandonnée en position de plus en plus perchée ; 5, vallée abandonnée par la Warche et toujours en pente d'environ 4‰ vers le lieu-dit Trô Maret.

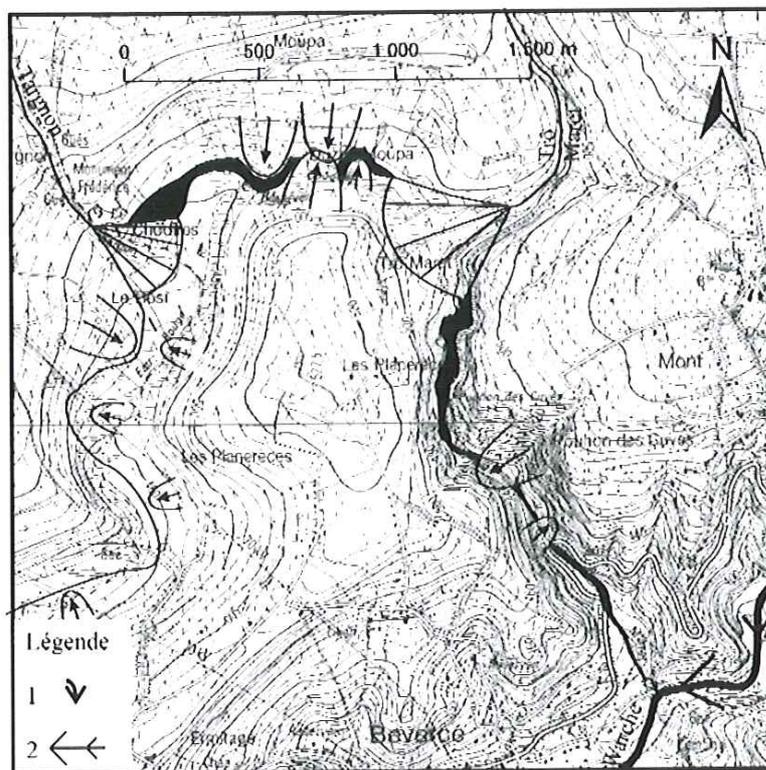


Fig. 7. Développement maximal du lac de barrage retenu par le cône de déjection du Trô Maret.

Légende : 1, déversement des eaux du lac dans la vallée de la Warche en voie d'encaissement au point de capture ; 2, Vv indiquant que l'encaissement de la Warche au point de capture s'est accru ; pour les autres sigles, voir la légende de la figure 6.

Warche, et chacun a donc pu retenir un lac (figure 6). Sur cette figure les cônes de déjection du Targnon et du Trô Maret sont très petits, car le fond de vallée était en forme de V de 10 m de profondeur, et pour n'inonder que des parties de la vallée morte, la hauteur des barrages ne pouvait dépasser quelques mètres.

De la même façon, les matériaux des coulées de solifluxion qui descendaient des versants dans le fond de la vallée ne pouvaient plus être évacués comme au temps où la Warche y coulait, et ils s'accumulaient donc dans le fond de la vallée abandonnée en y retenant des milieux palustres, voire des petits lacs.

Dans ce contexte, l'accroissement du cône de déjection du Trô Maret nous intéresse particulièrement. En raison de la pente d'environ 4 ‰ sur le tronçon de 2 km entre Bévercé et les Chôdières, lorsque le col situé entre le versant gauche de la vallée a atteint une hauteur de 6 m environ, l'eau du lac s'est déversée à l'opposé dans la Warche en cours d'encaissement (figure 7).

Dans l'article suivant, nous reprendrons l'évolution morpho-sédimentaire de la vallée abandonnée, à ce stade, c'est-à-dire au moment où l'eau du lac retenu par le cône de déjection du Trô Maret a commencé à se déverser dans la vallée de la Warche en voie d'encaissement à Bévercé.

Age énigmatique de la capture

C'est la tranchée où affleure le cailloutis C455 qui a fourni les arguments pour estimer l'âge de la capture (figure 8).

On remarque que le cailloutis C455 est recouvert par une couche de tourbe. Celle-ci n'a pu se déposer sur le cailloutis qu'à partir du moment où la Warche a été capturée à Bévercé, et que l'eau était stagnante dans cette partie du lit mineur abandonné. La couche de tourbe est surmontée par une couche de limon argileux de plusieurs décimètres d'épaisseur, puis les sédiments se font de plus en plus caillouteux vers le haut ; ces dépôts correspondent à la phase de remplissage du lac qui était retenu et envahi par le cône de déjection du Trô Maret.

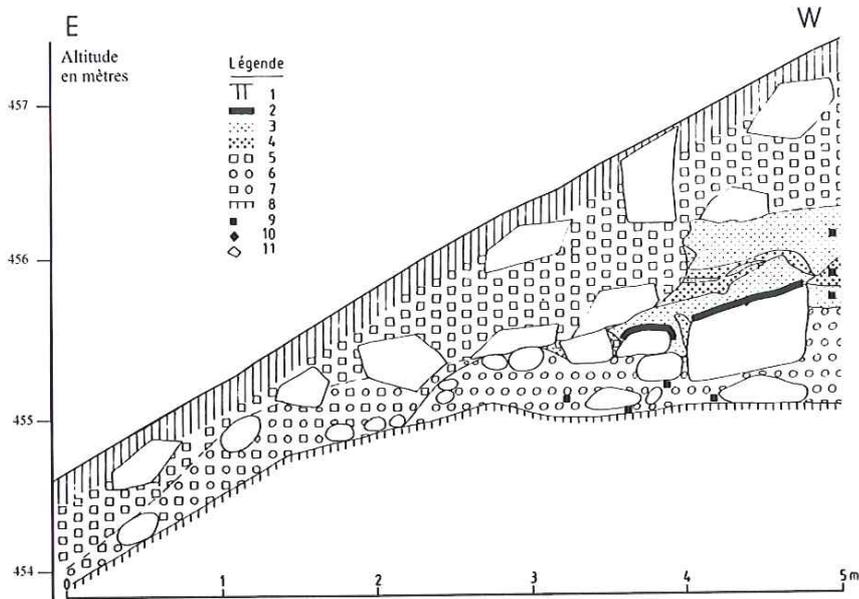


Fig. 8. Coupe où affleure le cailloutis C455, dernier témoin du passage de la Warche dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge (d'après Juvigné, 1985 ; modifié). La coupe est localisée sur les figures 2, 4, 5 et 6.

Légende : 1, horizon humifère du sol actuel ; 2, mince couche de tourbe ; 3, limon argileux gléyifié ; 4, sable et gravillon ; 5, colluvions limono-argileuses contenant des cailloux anguleux ; 6, cailloutis de la Warche avec galets de phyllade violet et d'arkose ; 7, colluvions limono-argileuses contenant des cailloux anguleux et des cailloux roulés ; 8, sommet du substratum paléozoïque ; 9, position des échantillons contenant tous des minéraux du téphra de Rocourt ; 10, position de l'échantillon daté par la méthode du ^{14}C (plus de 51.000 ans ; GrN-12120) ; 11, blocs de quartzite.

La tourbe a été datée par la méthode du ^{14}C , et un âge 'plus ancien que 51.000 ans' (Grn-12120) a été obtenu. Par ailleurs les minéraux volcaniques du téphra de Rocourt sont présents au sein du cailloutis C455, ce qui donne à celui-ci un âge plus récent que 106.000 ans (voir Juvigné, 2004; Hautes Fagnes 2004/2). Enfin l'analyse pollinique de la couche de tourbe précitée a montré qu'elle ne contient aucun taxon arboréen d'espèces méso- ou thermophiles (in Juvigné, 1985) ; ceci implique que cette tourbe s'est formée en climat périglaciaire, probablement peu après le dernier interglaciaire (Eem). L'aspect énigmatique d'un tel âge réside dans l'intensité de l'évolution géomorphologique que l'on doit admettre en moins de 100.000 ans, à savoir :

- d'une part la profondeur de la reprise d'érosion dans les roches siliceuses très résistantes du tronçon Bévercé-Robertville ; elle est d'environ 108 m au point de capture ;
- d'autre part le large dégagement de la dépression de Malmedy dont on comprend mal qu'il ait été très largement préparé par le ruisseau

affluent de la Warchenne ('ruisseau du poudingue'). Toutefois on pourrait se demander si la dépression de Malmedy n'est pas une sorte de poljé (grande doline) dont l'élargissement se serait étalé sur l'ensemble du Quaternaire.

Nous voulons insister ici sur le fait que ces difficultés, purement subjectives, sont provoquées uniquement par la présence des minéraux du téphra de Rocourt dans le cailloutis C455, lequel limite à 106.000 ans l'âge de la capture. Il est tout aussi difficile d'admettre que ce téphra soit nettement plus ancien, car tous les terrains datés dans lesquels il a été trouvé en Belgique sont nécessairement postérieurs à l'interglaciaire eemien (127.000 à 112.000 ans). Admettre qu'il existe un téphra plus ancien de même composition que celui du téphra de Rocourt n'est pas plus aisé, car la combinaison de la présence d'enstatite et de l'absence d'olivine dans un téphra à large dispersion est pour le moins exceptionnelle.

Conclusion

La Warche a été capturée aux environs de 461 m d'altitude entre Bévercé et Mont-Xhoffraix par un

petit affluent de la Warchenne qui drainait la dépression de Malmedy. Cela a déclenché deux ensembles de processus agissant en sens contraire :

- d'une part la reprise d'érosion atteignant environ 108 m de profondeur dans la vallée de la Warche au point de capture et remontant jusqu'à Robertville (7 km à l'amont), et l'élargissement de la dépression de Malmedy ;
- d'autre part l'accumulation dans la vallée abandonnée de dépôts de cône de déjection et de coulées de solifluxion, retenant des milieux lacustro-palustres.

Dans l'état actuel des connaissances, nous devons admettre que cette capture a eu lieu il y a entre 51.000 et 106.000 ans, ce qui rend subjectivement énigmatique l'ampleur des formes d'érosion développées après la capture.



La vallée du Trô Maret immédiatement à l'amont du lieu-dit "Trô Maret". Il s'agit d'une vallée en V dont la profondeur est la conséquence de la reprise d'érosion régressive consécutive à la capture de la Warche.

La capture du Trô Maret et ses conséquences sur le paysage régional

par Etienne JUVIGNÉ et Yannick DELVENNE

Université de Liège, Unité de Géographie physique, Sart Tilman, B12A, 4000 Liège.

Remarque préliminaire

Le présent article est le cinquième d'une série consacrée à l'évolution du cours de la Warche. Le premier est un rapport de l'état des connaissances en la matière jusqu'en 2003 (Juvigné, 2004); on y trouve notamment deux cartes (Hautes Fagnes 2004/2 : figure 1, p. 48 et figure 7, p. 50) qui contiennent tous les noms de lieux et de cours d'eau cités dans le texte qui suit, ainsi que les définitions de termes propres à la géologie du Quaternaire qui sont employés ci-après. Le deuxième article concerne l'évolution du réseau hydrographique primitif du bassin de la Warche depuis sa naissance au Tertiaire jusqu'au Quaternaire ancien (Demoulin *et al.*, 2004). Le troisième retrace l'évolution géomorphologique dans le secteur du lieu-dit Trô Maret, où le cours d'eau du même nom se jetait dans la Warche, lorsque celle-ci coulait dans la vallée des Chôdières et de l'Eau Rouge (Delvenne *et al.*, 2004). Le quatrième décrit la capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix, ainsi que ses conséquences morpho-sédimentaires régionales (Juvigné et Delvenne, 2005).

Introduction

Dans le présent article, on décrit tout d'abord la façon dont le Trô Maret supérieur a été détourné de la vallée des Chôdières vers la dépression de Malmedy, en repartant de la situation qui existait au moment de la capture que la Warche a subie entre Mont-Xhoffraix et Bévercé. On signale ensuite les grands traits des modifications morpho-sédimentaires que la capture du Trô Maret a entraînées dans son tronçon supérieur, dans la vallée abandonnée antérieurement par la Warche, et dans la vallée des Chôdières (fig. 1).

Données de la littérature

Pissart (1953) a découvert que le Trô Maret supérieur coulait antérieurement dans les vallées actuelles des Chôdières et de l'Eau Rouge. Il a expliqué le détourne-

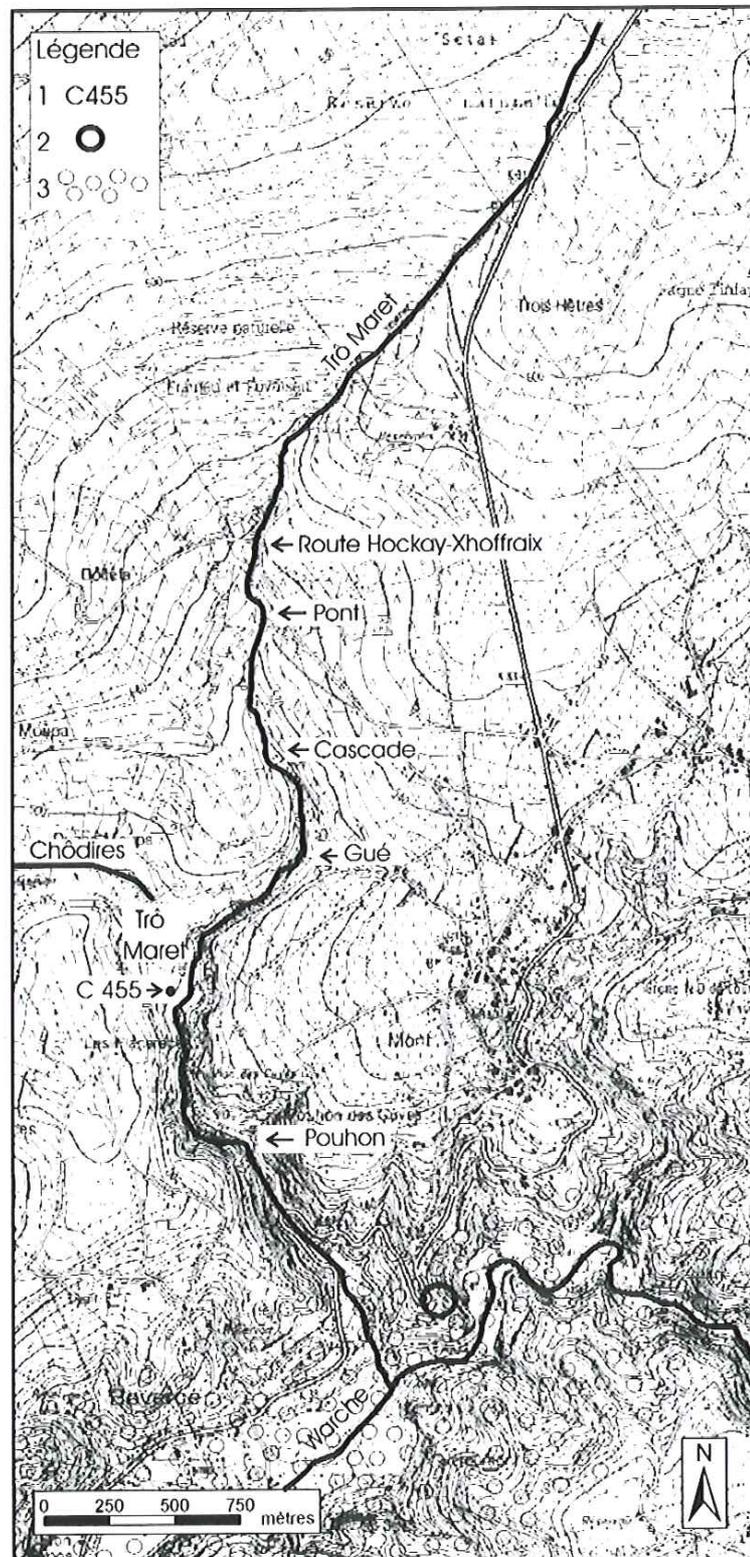


Fig. 1. Localisation de la région étudiée. Légende : 1, cailloutis de la Warche à 455 m dans la vallée abandonnée ; 2, lieu d'affleurement du contact poudingue/quartzite à 400 m d'altitude dans les Carrières de la Warche ; 3, zone de répartition du poudingue.

ment par une capture due à un petit affluent de la Warche à Bévercé qui, évoluant par érosion régressive, a fini par amputer le Trô Maret, au lieu-dit du même nom. Ses arguments étaient : 1) l'existence d'un profil de reprise d'érosion dans le Trô Maret supérieur ; 2) la disproportion entre la très large vallée des Chôdières et son ruisseau actuel ; 3) une accumulation sédimentaire exceptionnelle dans la vallée des Chôdières ; 4) le raccord d'un niveau de terrasse du Trô Maret supérieur avec le fond de l'actuelle vallée des Chôdières.

Des fouilles en tranchées réalisées au lieu-dit Trô Maret (*in* Bastin et Juvigné, 1978), puis la découverte du passage de la Warche sur la retombée orientale du plateau de Planerèces (Pissart et Juvigné, 1982), et enfin la mise au jour, dans le même secteur, de sédiments lacustro-palustres sur le dernier cailloutis de la Warche dans ce tronçon (Juvigné, 1985), ont conduit Juvigné et Delvenne (2005) à l'hypothèse qu'un lac s'est formé dans le tronçon supérieur de la vallée abandonnée par la Warche entre son point de capture et le lieu-dit Trô Maret.

Profils longitudinaux anciens et actuels

Pour la bonne compréhension des explications qui vont suivre, il est important de bien réaliser la dif-

férence qui existe entre les profils longitudinaux actuels de la Warche et du Trô Maret, et ceux qui étaient suivis au moment de la capture subie par la Warche. Sur la figure 2, on notera notamment :

- a) que le point de capture de la Warche qui allait devenir la nouvelle confluence Trô Maret-Warche, s'est encaissé d'environ 110 m après le détournement des eaux ;
- b) que cette capture a eu lieu dans le poudingue à 461 m d'altitude à un endroit où le poudingue avait une épaisseur d'une soixantaine de mètres ;
- c) qu'il devait exister dans le poudingue des cavités karstiques telles que celles qui ont été trouvées à proximité (Ozer, 1971) ;
- d) qu'au départ de cet endroit, l'érosion régressive s'est manifestée dans la vallée de la Warche jusque Robertville (soit 7 km à l'amont) et dans celle du Trô Maret jusqu'à la 'Cascade' (soit 3 km à l'amont).

Les processus de la capture

Pour faciliter la compréhension des processus qui ont conduit au détournement des eaux du Trô Maret supérieur vers la dépression de Malmedy, il est conseillé au lecteur de revoir deux figures publiées antérieurement (Hautes Fagnes 2004-4 : p. 22, figure 3, situation juste avant la capture de la Warche, et p. 23

figure 4, situation peu après la capture).

L'évolution qui a conduit à la capture du Trô Maret est illustrée par la figure 3. La figure 3A représente les profils au moment où la Warche coulait encore dans la vallée des Chôdières.

Dès le moment où la Warche n'est plus passée dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge, une partie des alluvions apportées par l'actuel Trô Maret supérieur n'ont plus été évacuées, et un cône de déjection a commencé à se construire à l'endroit de l'ancienne confluence (figure 3B). Ce cône a fait rapidement barrage dans la vallée abandonnée, car celle-ci était très étroite (en V) dans ses 10 m les plus profonds (Delvenne *et al.*, 2004). Les dépôts argilo-limoneux conservés sur le cailloutis C455 de la Warche (Juvigné et Delvenne, 2005) attestent qu'un étang/lac a été retenu par ce barrage. Cet étang était alimenté en grande partie par les bras que le Trô Maret développait sur la partie gauche (est) de son cône (figure 4), et secondairement par les eaux de ruissellement de la vallée abandonnée entre Planerèces et le point de capture. Dans cette situation, l'exutoire de l'étang se trouvait à l'endroit du col où le cône de déjection s'appuyait sur le versant opposé, et ce trop plein continuait à s'écouler dans la vallée des Chôdières. Simultanément, des bras du Trô Maret coulant sur la partie droite (ouest)

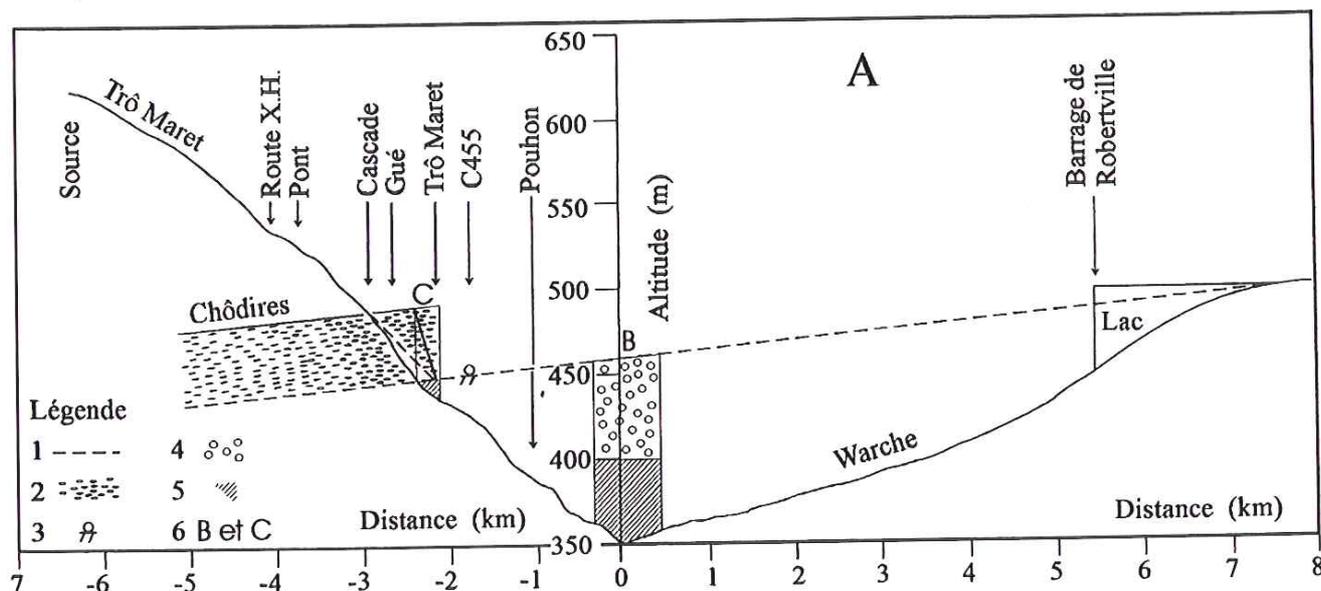


Fig. 2. Profils longitudinaux anciens et actuels de la Warche et du Trô Maret. Légende : 1, profils au moment de la capture de la Warche survenue entre Bévercé et Mont-Xhoffraix, le point de confluence se situe au lieu-dit Trô Maret ; 2, dépôts de la vallée des Chôdières ; 3, cailloutis de la Warche à 455m d'altitude sur le versant droit de la vallée du Trô Maret ; 4, poudingue ; 5, quartzites et phyllades ; 6, en B, lithologie à l'endroit de la capture de la Warche (localisant le graphique de la figure 5A), et en C, lithologie à l'endroit de la paléo-confluence Trô Maret-Warche (localisant le graphique de la figure 5B).

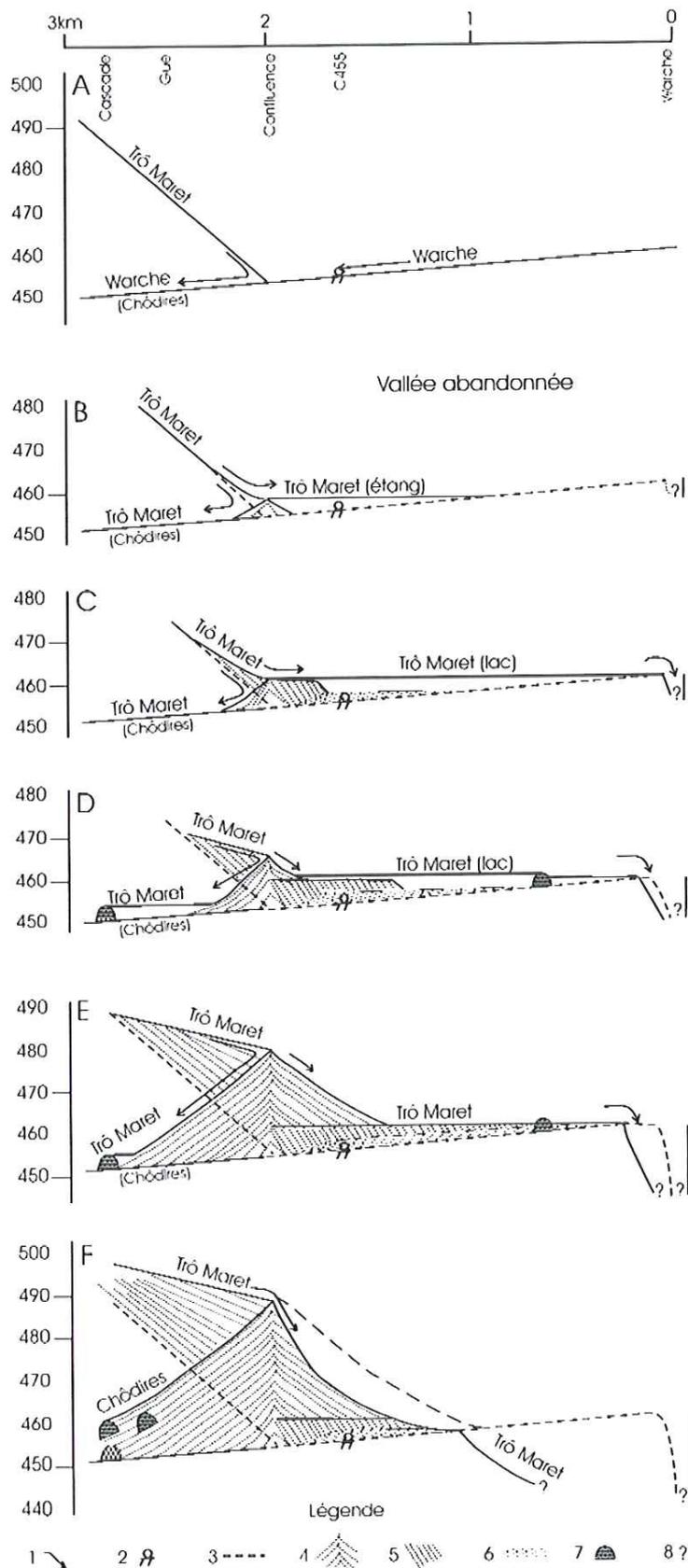


Fig. 3. Evolution des vallées du Trô Maret et de la Warche depuis la capture de la Warche jusqu'à celle du Trô Maret.
 Légende : 1, flèche indiquant le sens d'écoulement des eaux du Trô Maret avec un partage des bras sur le cône ; 2, cailloutis C455 de la Warche dans la vallée du Trô Maret ; 3, anciens profils hors plan ; 4, cône de déjection du Trô Maret ; 5, remplissage deltaïque du lac (foreset beds) ; 6, remplissage deltaïque du lac (bottomset beds) ; 7, dépôts de solifluxion descendus des versants ; 8, incertitude sur la position des fonds de vallée.

du cône alimentaient directement la vallée des Chôdires.

Quant à la Warche à son point de capture, elle devait avoir un écoulement torrentiel puisqu'elle devait s'y encaisser vigoureusement, pour atteindre environ 110 m de dénivellée en 62.000 à 106.000 ans (Juvigné et Delvenne, 2005). Dans l'hypothèse d'une capture karstique - que nous privilégions - il pouvait même préexister dans la soixantaine de mètres d'épaisseur de poudingue, un réseau souterrain comprenant des puits qui ont provoqué une chute verticale de la Warche. Cette incertitude est dessinée par l'absence de la représentation du fond de la vallée de la Warche dans les figures 3 B à F.

La croissance du cône de déjection a provoqué l'extension de l'étang qui est devenu un lac (figure 3C). Lorsque ce lac a atteint le point de capture de la Warche à 461 m, le trop plein y a débordé. A ce stade, la profondeur de l'eau du lac devait être d'environ 8 m contre le cône de déjection, puisque l'ancienne confluence Trô Maret-Warche se situait aux environs de 453 m. Simultanément la partie orientale (est) du cône de déjection du Trô Maret envahissait le lac de façon deltaïque.

En conséquence, l'exutoire du lac dans la vallée de la Warche s'est aussi encaissé tout en déclenchant l'érosion verticale régressive à travers le fond du lac (figure 3 D à F). Simultanément, le cône du Trô Maret continuait à s'édifier, et sa partie deltaïque poursuivait son envahissement du lac. Ce dernier processus a nécessairement été plus rapide (quelques siècles ?) que l'érosion régressive du déversoir du Trô Maret dans les quartzites et phyllades. Il est tenu compte de ce déséquilibre sur les figures 3 D et E. Pendant la même période, des coulées de solifluxion sont aussi descendues des deux versants et se sont étalées d'une part dans la partie du cône qui envahissait la vallée des Chôdires et d'autre part sur le remplissage deltaïque. Les coulées les plus épaisses ont pu diviser le lac et en relever provisoirement le niveau de la partie amont (figure 3D), formant ainsi un déversoir intermédiaire, dont la durée de subsistance n'a pas dépassé quelques années en raison de la texture meuble de ce type de barrage (figure 3E).

Le cône de déjection a continué à se construire, et au lieu-dit

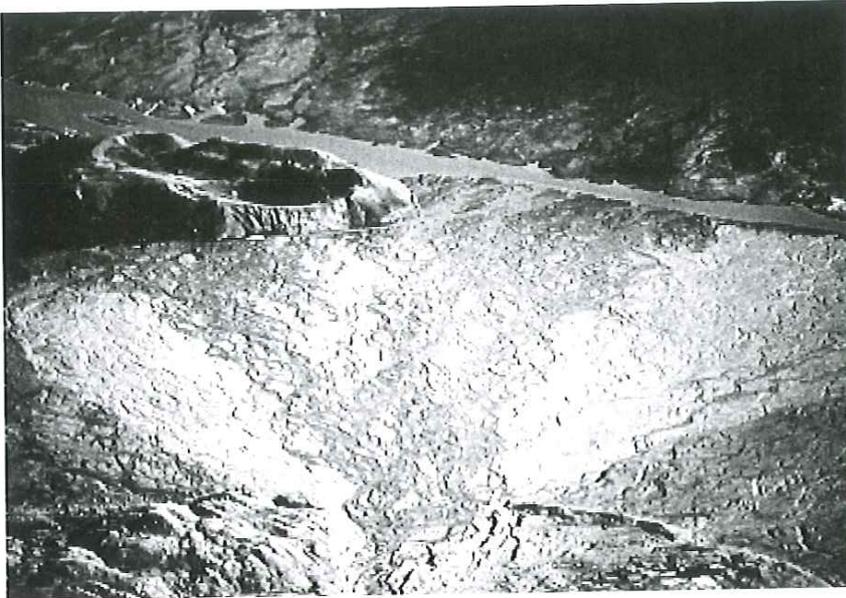


Fig. 4. Ecoulement à chenaux tressés sur un cône de déjection en région péri-glaciaire désertique. Lorsque l'environnement était identique en haute Ardenne, le cône du Trô Maret devait ressembler à celui-ci.

Trô Maret, il a atteint 37 m d'épaisseur (490 m-453 m). Simultanément, l'érosion régressive s'attaquait à la partie aval du cône de déjection, et lorsqu'elle a atteint l'endroit de l'ancienne confluence (figure 3F), toutes les eaux du Trô Maret supérieur ont été détournées vers la dépression de Malmedy. Dès lors, la capture totale du Trô Maret était acquise. Celle-ci est originale dans la mesure où, dans le modèle proposé, aucun cours d'eau tiers n'est intervenu dans le processus, contrairement notamment au cas de la capture de la Warche qui implique nécessairement la présence d'un cours d'eau dans la dépression de Malmedy.

L'érosion verticale régressive du Trô Maret s'est néanmoins poursuivie au-delà de ce stade, puisque de nos jours, elle a atteint un point situé à proximité du lieu-dit Cascade, environ 1 km à l'amont de l'ancienne confluence (revoir les figures 1 et 2).

L'âge relatif de la capture du Trô Maret

A ce jour, aucune méthode de datation n'a été appliquée aux matériaux permettant de préciser l'âge de la capture du Trô Maret. Néanmoins, on peut proposer une vague estimation basée sur des considérations relevant de la dynamique morpho-sédimentaire, et plus précisément sur des réflexions relatives à la vitesse d'encaissement de la Warche à son point de capture

(figure 5A), et du Trô Maret au lieu-dit du même nom (figure 5B).

Sur la base des arguments disponibles à ce jour, nous avons montré que la capture de la Warche aurait eu lieu, il y a entre 62.000 ans et 106.000 ans avant aujourd'hui. Pour simplifier l'estimation qui suit, nous raisonnerons sur la base de l'âge 106.000 ans qui constitue une valeur moins énigmatique que 62.000 ans (Juvigné et Delvenne, 2005).

Tout le processus de capture du Trô Maret étant dépendant du comportement de la Warche à son point de capture, deux hypothèses extrêmes doivent être prises en considération.

- La première implique la capture karstique de la Warche et l'engouffrement du cours d'eau dans des puits qui permettent un encaissement immédiat d'une soixantaine de mètres à travers le poudingue (figure 5A : V1). La vitesse d'encaissement dans les quartzites et phyllades devient alors presque constante (V5 puis V6 ; voir plus loin).
- La seconde admet l'encaissement - sans perte karstique - de la Warche à travers le poudingue, puis les quartzites et phyllades, et doit tenir compte du fait que la première roche est plus sensible à l'érosion (V2 puis V3 ; voir plus loin) que les secondes (V4).

Le déroulement effectif des faits devrait donc s'être situé entre ces deux solutions extrêmes.

Début de la capture

Entre le moment de la capture de la Warche et celui du déversement du lac de barrage dans la dépression de Malmedy, il ne s'est probablement écoulé que peu de siècles, voire quelques décennies (figure 5B : V8). En effet, pour atteindre ce stade, il a suffi que le Trô Maret construise un cône de déjection de 8 m de hauteur dans le fond très étroit (en forme de V) de la vallée abandonnée par la Warche.

Continuation de la capture

L'édification du cône s'est poursuivie en étant progressivement ralentie (V9) parce que d'une part, en dehors du fond de vallée en forme de V (pour plus de 10 m d'épaisseur) la morphologie était beaucoup plus ouverte (revoir les profils des sondages électriques de Delvenne et al. (2004), et d'autre part l'étalement des alluvions se faisait sur une surface de plus en plus grande. Ce cône allait atteindre 37 m d'épaisseur (valeur actuelle) à l'endroit de la paléo-confluence Trô Maret-Warche. Simultanément, l'érosion régressive de l'exutoire progressait ; elle a d'abord abaissé le niveau du lac (revoir figure 3E), puis elle s'est attaquée au cône de déjection (revoir figure 3F).

Fin de la capture

Le détournement total des eaux du Trô Maret a eu lieu lorsque l'érosion régressive a atteint le lieu-dit Trô Maret, soit après une progression d'environ 2 km comptés à partir de la confluence actuelle à Bévercé. D'une part l'encaissement à travers les dépôts meubles du cône de déjection a nécessairement été beaucoup plus rapide (V10) qu'à travers les quartzites et phyllades sous-jacents (V11). D'autre part, dès le moment où toute l'eau du Trô Maret supérieur a été détournée vers la dépression de Malmedy, l'accroissement de débit a dû accélérer quelque peu la vitesse d'encaissement de la Warche, d'où la légère rupture de pente synchrone sur la figure 5A (de V2 à V3 ou de V5 à V6).

Durée de la capture

Compte tenu des choix subjectifs qui ont été faits lors de l'élaboration des courbes des figures 5A et 5B, on peut y lire que la capture du Trô Maret a duré de l'ordre d'une dizaine de milliers d'années (d'envi-

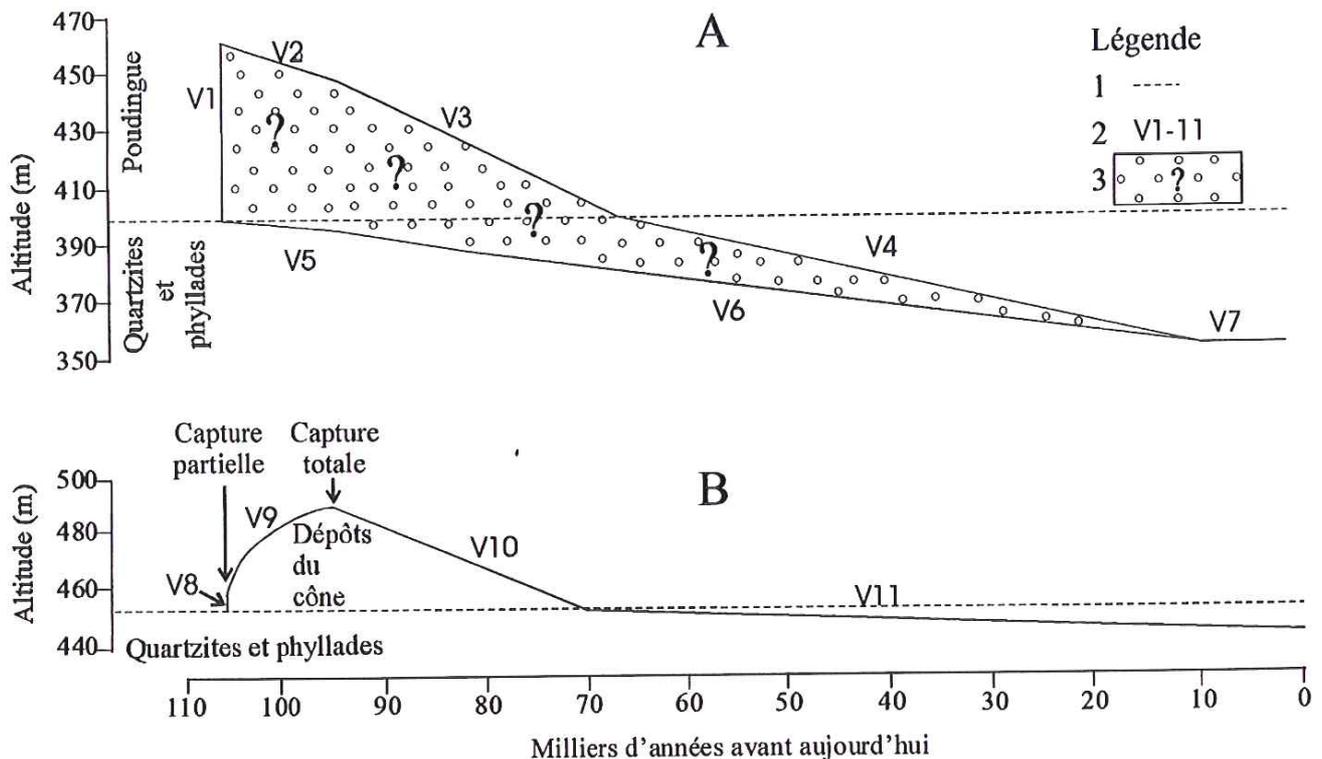


Fig. 5. Estimation de la variation de la vitesse d'encaissement de la Warche à son point de capture entre Mont-Xhoffraix et Bévercé (localisation sur la figure 2, colonne B), et de l'agradation- encaissement du Trô Maret à son ancienne confluence avec la Warche au lieu-dit Trô Maret (localisation sur la figure 2, colonne C).

Légende : 1, contact lithologique entre les formations dont les noms figurent respectivement au-dessus et en dessous du trait ; 2, vitesses successives du déplacement vertical des cours d'eau respectifs aux endroits désignés ; 3, incertitude sur la vitesse liée à la façon dont la Warche a été capturée.

N.B. A Bévercé, la Warche coule actuellement dans une plaine alluviale, ce qui indique qu'elle ne s'y encaisse plus (figure 5A : V7) ; ce changement de comportement a été placé arbitrairement à la transition entre la fin de la dernière glaciation et le début de l'Holocène (période chaude actuelle). Un déplacement de ce point d'environ 10.000 ans dans un sens ou dans l'autre ne modifie pas fondamentalement l'estimation.

ron 105.000 à 95.000 ans). Le fait de reprendre le raisonnement précédent en choisissant pour la capture de la Warche, l'âge minimal de 62.000 ans, réduirait la durée estimée d'environ un tiers de sa valeur.

Les conséquences de la capture du Trô Maret dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge

Dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge, au fur et à mesure que les eaux du Trô Maret étaient dérivées vers Bévercé, la capacité de transport des eaux résiduelles a diminué. En conséquence, l'édification des cônes de déjection

des affluents (Targnon et les autres à l'aval), et l'accumulation des matériaux des langues de solifluxion se sont accélérées, tout en retenant des milieux palustres, voire des étangs très provisoires.

Plusieurs sondages effectués dans la vallée des Chôdières, ont montré qu'au cours de la partie finale de la dernière glaciation, du limon d'origine éolienne (loess) a même pu s'accumuler sur quelques mètres d'épaisseur en l'absence de tout cours d'eau pour l'évacuer. Après le réchauffement climatique postérieur à la dernière glaciation, une tourbière atteignant 1 m d'épaisseur a aussi pu s'y développer pour les mêmes raisons (Bastin et Juvigné, 1978 ; Juvigné, 2004).

gné, 1978 ; Juvigné, 2004).

Conclusion

La capture du Trô Maret a commencé quelques siècles après celle de la Warche. Le détournement des eaux du Trô Maret s'est opéré progressivement par l'intermédiaire d'un lac, retenu par un cône de déjection qui s'est construit au lieu-dit Trô Maret. L'érosion régressive qui a démarré à l'exutoire du lac dans la dépression de Malmédy a provoqué le détournement total des eaux du Trô Maret supérieur une dizaine de milliers d'années plus tard. L'érosion régressive s'est ensuite poursuivie sur environ 1 km dans le Trô Maret supérieur.

Les dernières traces du cours de la Warche dans la vallée inférieure de l'Eau Rouge

par Etienne JUVIGNÉ et Yannick DELVENNE

Université de Liège, Unité de Géographie physique, Sart Tilman, B12A, 4000 Liège.

Remarque préliminaire

Le présent article est le sixième d'une série consacrée à l'évolution du cours de la Warche. Le premier est un rapport de l'état des connaissances en la matière jusqu'en 2003 (Juvigné, 2004); on y trouve notamment les définitions de termes propres à la géologie du Quaternaire qui sont employés ci-après. Le deuxième concerne l'évolution du réseau hydrographique primitif du bassin de la Warche, depuis sa naissance au Tertiaire jusqu'au Quaternaire ancien (Demoulin *et al.*, 2004). Le troisième retrace l'évolution géomorphologique dans le secteur du lieu-dit Trô Maret, où le cours d'eau du même nom se jetait dans la Warche, lorsque celle-ci coulait encore dans la vallée des Chôdières et de l'Eau Rouge (Delvenne *et al.*, 2004). Le quatrième décrit la capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix, ainsi que ses conséquences morpho-sédimentaires régionales (Juvigné et Delvenne, 2005a). Le cinquième montre la façon dont s'est faite la capture du Trô Maret, et apporte une ébauche de solution au problème de la vitesse d'encaissement de la Warche et du Trô Maret après leurs captures respectives (Juvigné et Delvenne, 2005b).

Introduction

Le présent article rapporte les résultats de l'étude d'alluvions fluviales de la région de confluence entre l'Eau Rouge et l'Ambève à l'amont de Stavelot (figure 1). Elle est basée notamment sur la recherche des minéraux volcaniques du téphra de Rocourt qui ont été trouvés précédemment dans le cailloutis C455 du dernier cours de la Warche dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge (Juvigné, 1985 ; Juvigné et Delvenne, 2005a) et qui devraient donc être présents dans les mêmes alluvions dans la vallée inférieure de l'Eau Rouge. Pour la bonne compréhension du texte qui suit, il est particulièrement utile de rappeler que le téphra du Laacher See est retombé il y a environ 12.900 ans (Van den Bogaard, 1995 ; Juvigné, 2004), et le téphra de Rocourt, il y a entre 62.000 et 106.000 ans (Juvigné, 1993, 2004). Ce travail s'inscrit aussi dans la recherche d'une explication à l'accroissement énigmatique de la pente longitudinale de la Warche lorsqu'elle coulait dans la vallée de l'Eau Rouge (Pissart et Juvigné, 1982 ; Juvigné, 2004).

Dépôts de l'Eau Rouge inférieure et de la Warche à Stavelot

Des tranchées ont été réalisées par une pelle mécanique dans la plaine alluviale et les basses terrasses de l'Eau Rouge inférieure et de l'Ambève dans la zone de leur confluence (figure 1A) ; leurs caractéristiques utiles pour résoudre le problème posé sont aussi reportées sur des profils longitudinaux (figure 1B).

Les plaines alluviales

Plaine alluviale de l'Eau Rouge inférieure

L'épaisseur totale de sédiments dans la plaine alluviale de l'Eau Rouge est d'environ 2 m près de la

confluence avec l'Ambève (tranchée V). Elle augmente progressivement vers l'amont, et atteint 3 m à l'endroit de la tranchée VII. Au-delà (tranchée II), il n'a plus été possible d'atteindre le bed-rock à l'aide de l'excavatrice utilisée, celle-ci possédant un bras de 3 m. Trois formations ont été observées ; elles sont décrites ci-après de haut en bas.

La formation superficielle est un limon de crue contenant des lentilles les unes tourbeuses, les autres chargées de petits galets. L'épaisseur de cette formation n'excède guère 1 m. Un sol humifère est développé dans sa partie supérieure.

La formation moyenne est un cailloutis pauvre en fraction fine. On le trouve immédiatement sous les dépôts de crue ; son épaisseur est de l'ordre de 1 m. Les galets sont bien roulés et mal classés; leur taille peut atteindre plusieurs décimètres. La présence de phyllades violets (quelques pour-cent) et de quelques arkoses (<1%), provenant de la vallée de la Warche entre Mont-Xhoffraix et Robertville, attestent que c'est bien la Warche qui les a amenés dans la vallée de l'Eau Rouge. Une autre caractéristique essentielle de ce cailloutis est d'être pauvre en limon et argile, qui ne représentent ensemble que 9 % de la matrice inférieure à 16 mm.

La détermination des minéraux denses transparents dans la classe granulométrique supérieure à 100 µm a permis d'identifier dans les deux formations précédentes de faibles quantités de minéraux volcaniques du téphra du Laacher See : le sphène, une amphibole brune (pargasite) et un clinopyroxène (diopside) en éclats ou automorphe. La présence de ces minéraux permet de dater les deux formations de moins de 12.900 ans.

La formation moyenne devrait avoir été mise en place par l'Eau Rouge, remaniant les alluvions de la Warche.

La formation inférieure est un cailloutis fluvial qui ne se trouve que localement. Il n'est différent du cailloutis sus-jacent que par sa matrice nettement plus riche en limon et argile, laquelle représente un tiers de la fraction de moins de 16 mm. Des traces de minéraux volcaniques du téphra de Rocourt y ont été observées, ce qui la place donc nécessairement dans la dernière glaciation.

La plaine alluviale de l'Ambève dans la zone de confluence

La tranchée réalisée à Challe (figure 1 : tranchée IV) montre que l'épaisseur totale des alluvions est de 2 m, avec une formation superficielle faite de limon de crue et un cailloutis sous-jacent pauvre en fraction fine. Les minéraux du téphra du Laacher See sont bien représentés à tous les niveaux de ces alluvions qui sont donc aussi plus récentes que 12.900 ans.

Les très basses terrasses

Tant dans les vallées de l'Eau Rouge inférieure que de l'Ambève à Stavelot et à Challe, il existe des nappes de dépôts fluviaux dont la surface surmonte de 1 à 2 m leurs plaines alluviales respectives.

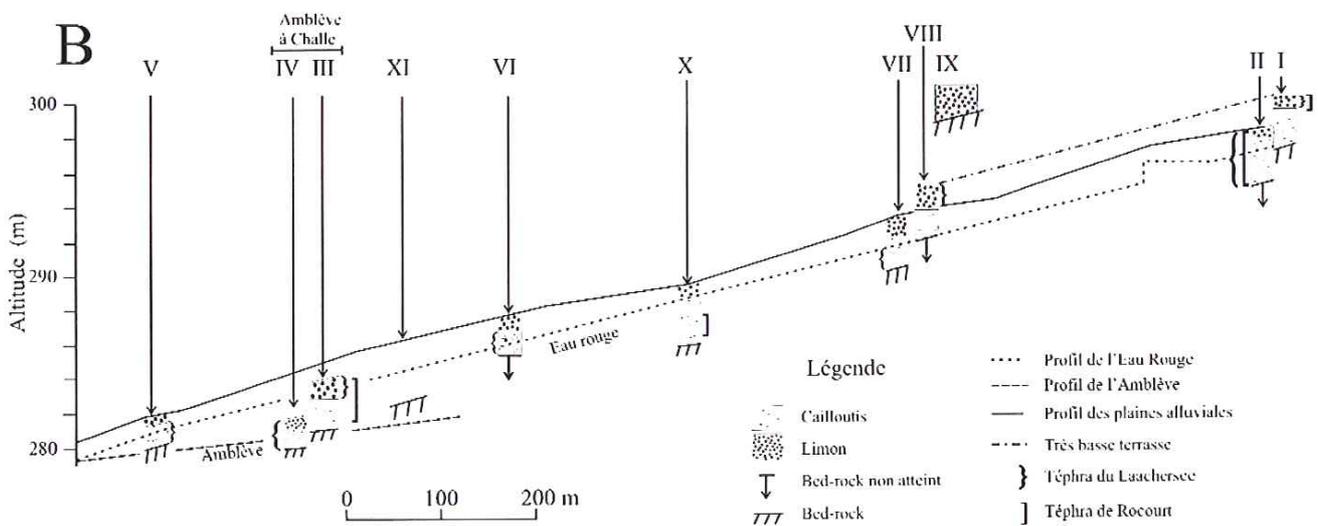
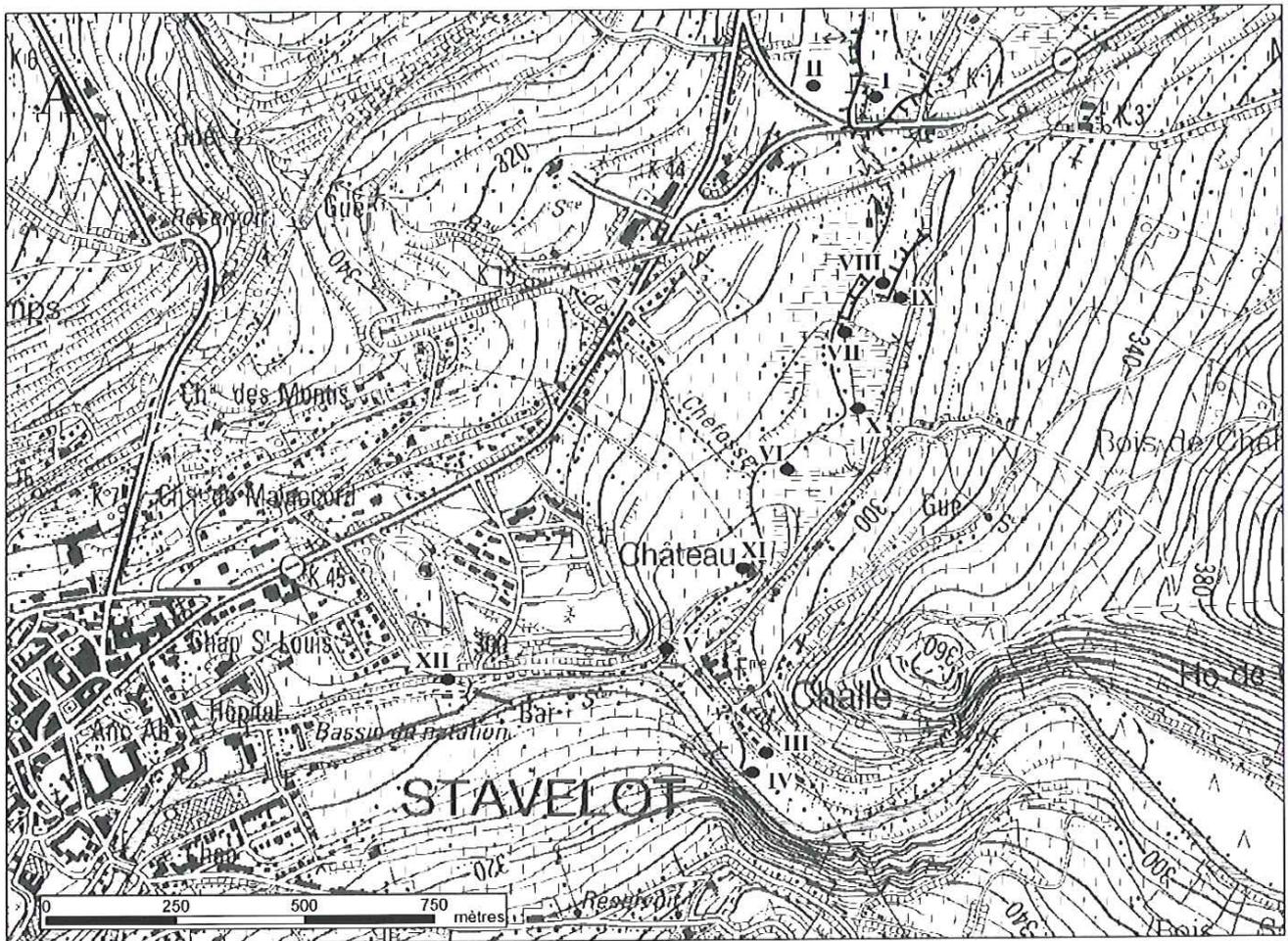


Figure 1. A, région étudiée avec la position des excavations (points noirs numérotés en chiffres romains). B, résultats de recherches sédimentologiques dans les plaines alluviales et des très basses terrasses.

N.B. Le replat de la tranchée IX n'est constitué que par un mince dépôt de pente reposant sur le poudingue permien. La tranchée XI a été exécutée uniquement pour mesurer la profondeur du contact du cailloutis sur la roche en place.

Une très basse terrasse de l'Eau Rouge inférieure

Deux replats, environ 1 m plus élevés que la plaine alluviale, ont été excavés (figure 1, tranchées I et VIII). En dessous d'une couche superficielle de limon, on trouve une formation de galets bien roulés et mal classés compris dans une matrice fine. Celle-ci s'est donc mise en

place par écoulement chargé dans un environnement périglaciaire.

Quelques minéraux volcaniques des téphras du Laacher See et de Rocourt sont présents dans le limon et la partie tout à fait supérieure du cailloutis, mais ils n'ont pas été trouvés dans la partie inférieure du caillou-

tis. Le cailloutis de cette très basse terrasse devrait donc être antérieur à la retombée du téphra de Rocourt. C'est après être retombés sur la surface que les minéraux des deux téphras ont pu pénétrer dans le sol par bioturbation, voire cryoturbation.

Corrélation avec les cailloutis de l'entrée de la vallée abandonnée

Rappelons que les minéraux du téphra de Rocourt sont présents dans le cailloutis C455 existant à l'entrée de la vallée morte au lieu-dit Trô Maret (Juvigné, 1985 ; Juvigné et Delvenne, 2005a). Dans l'Eau Rouge inférieure, ils n'ont été trouvés que dans les formations de la plaine alluviale, ce qui permet d'effectuer le raccord dessiné à la figure 2 (Paléowarche). Celui-ci est tracé arbitrairement de façon rectiligne, mais dans le prochain article, nous y apporterons des modifications justifiées.

L'incision de 1 à 2 m qui existe de la base de la très basse terrasse jusque celle de la plaine alluviale, implique que la Warche coulait encore dans la vallée de l'Eau Rouge pendant cette phase, puisque l'Eau Rouge, seule, a été incapable d'évacuer les dépôts périglaciaires qui se sont accumulés dans sa vallée. *A fortiori*, elle ne pouvait pas creuser la roche en place. C'est donc au niveau de la plaine alluviale actuelle de l'Eau Rouge inférieure que la capture de la Warche a eu lieu entre Mont-Xhoffraix et Bévercé.

Deux lambeaux d'une très basse terrasse de l'Amblève

Ils se situent respectivement à Challe (figure 1, tranchée III) et à Stavelot (figure 1, coupe naturelle XII). Ils sont composés de deux formations : une couche essentiellement limoneuse (1,2 m d'épaisseur) sur un cailloutis à matrice de sable et gravillon (2 m), reposant sur le substratum, atteint à 3 m de profondeur. Les minéraux du téphra du Laacher See sont présents à différents niveaux de la formation supérieure, dans laquelle ils ont dû pénétrer par bioturbation, voire cryoturbation. Les minéraux du téphra de Rocourt ont été trouvés jusqu'à la base du cailloutis, ce qui permet de placer la formation de cette terrasse dans la dernière glaciation, conformément au modèle basé sur des observations identiques faites dans l'Amblève entre Coe et Remouchamps par Bustamante Santa-Cruz (1973) et Juvigné (1979).

Le raccord énigmatique des très basses terrasses

D'une part les surfaces se raccordent à la confluence, ce qui porte à en faire des terrasses synchrones. D'autre part le contenu en minéraux du téphra de Rocourt de la terrasse de l'Amblève place nécessairement celle-ci dans la dernière glaciation, tandis que la présence de ces mêmes minéraux dans le gravier de la terrasse de la Paléowarche inférieure n'est pas démontrée, ce qui implique de placer la formation de cette terrasse avant la retombée volcanique.

Conclusion

Les limons de crue et les cailloutis bien lavés des plaines alluviales de l'Eau Rouge inférieure et de l'Amblève contiennent des traces de minéraux du téphra du Laacher See, et sont donc plus récents que 12.900 ans. Le cailloutis inférieur de l'Eau Rouge et celui de la très basse terrasse de l'Amblève à Challe et Stavelot contiennent les minéraux du téphra de Rocourt, et de ce fait, leur formation peut être placée dans le courant de la dernière glaciation. Les surfaces des très basses terrasses respectives se raccordent, mais aussi longtemps que la présence des minéraux du téphra de Rocourt n'est pas démontrée dans celle de la Paléowarche, le synchronisme des deux graviers sera énigmatique.

Remarque à propos de la capture hypothétique de la Warche à Pont-à-Warche

Les modèles invoqués respectivement par Renier (1901) et Ozer (1967) pour faire passer la Warche dans la vallée disproportionnée du Rustave ont été discutés antérieurement (Juvigné, 2004). Rappelons néanmoins que la Warche n'a pu couler dans la vallée du Rustave que si l'une des deux situations suivantes a existé :

- le Rustave était nettement plus long qu'aujourd'hui et prenait sa source aux environs de Bévercé pouvant ainsi être directement responsable de la capture de la Warche (Renier, 1901 : in Juvigné, 2004 : figure 2) ;
- la Warchenne coulait dans la vallée du Rustave après avoir reçu de la dépression de Malmedy un petit affluent de rive droite.

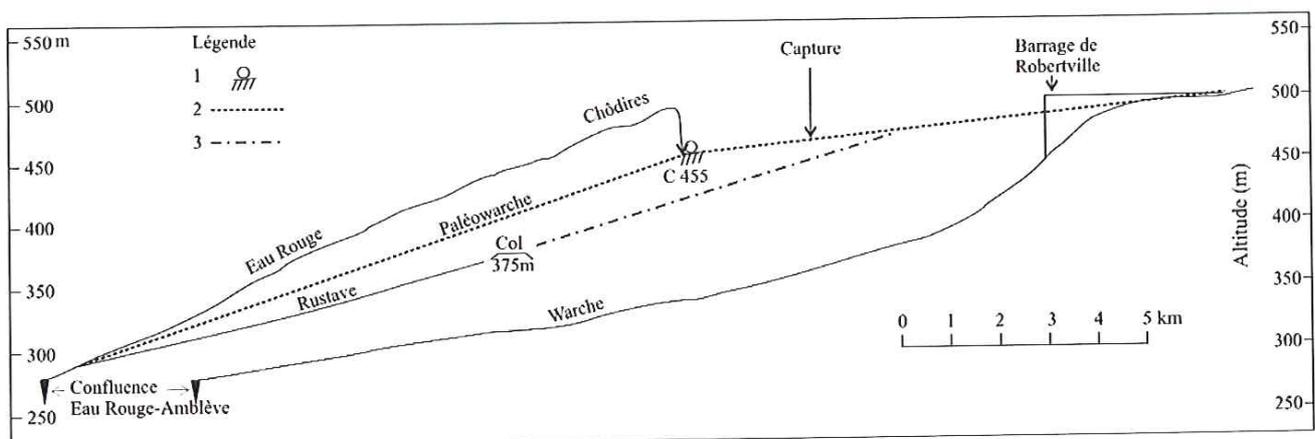


Figure 2. Profils longitudinaux de la Warche, de l'Amblève et du Rustave (d'après Pissart et Juvigné, 1982, modifié).

1. Cailloutis de la Warche à 455m (C455) au lieu-dit Trô Maret.

2. Dernier cours de la Warche dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge, aujourd'hui enfoui sous d'épais dépôts de pente périglaciaires.

3. Profil qu'il faut imposer à la Warche pour qu'elle ait pu passer dans la vallée du Rustave.

Remarque. La confluence entre l'Eau Rouge et l'Amblève est dédoublée en raison de la différence de longueur de la Paléowarche et du cours actuel de la Warche puis de l'Amblève jusqu'à Stavelot.

Les résultats acquis après 1967 sur l'évolution du cours de la Warche montrent que si celle-ci a coulé dans la vallée du Rustave, ce ne peut être qu'après la capture survenue entre Mont-Xhoffraix et Bévercé (figure 2), c'est-à-dire pendant la dernière glaciation. Toutes les

considérations qui précèdent rendent très peu crédibles les modèles de Renier (1901) et d'Ozer (1967) aussi longtemps que des galets caractéristiques des alluvions de la Warche (phyllade violet et arkose) n'auront pas été découverts dans la vallée du Rustave.



La vallée de la Warche immédiatement à l'amont du barrage de Robertville. Il s'agit d'une vallée nettement moins encaissée qu'à l'aval du barrage, car elle n'a pas été atteinte par la reprise d'érosion.



L'entrée de la Warche dans la dépression de Malmedy. La vallée en V dans les phyllades et quartzites s'ouvre largement en entrant dans le poudingue plus facile à éroder en raison de son ciment carbonaté soluble.

Le profil enfoui de la Warche dans les vallées des Chôdières et de l'Eau Rouge

par Yannick DELVENNE*, Etienne JUVIGNÉ* et Alain DEMOULIN**

* Université de Liège, Unité de Géographie physique

** Fonds national de la Recherche scientifique, Sart Tilman, B11, 4000 Liège

Remarque préliminaire

Le présent article est le septième d'une série consacrée à l'évolution du cours de la Warche. Le premier est un rapport de l'état des connaissances en la matière jusqu'en 2003 (Juvigné, 2004); on y trouve notamment les définitions de termes propres à la géologie du Quaternaire qui sont employés ci-après. Le deuxième article concerne l'évolution du réseau hydrographique primitif du bassin de la Warche, depuis sa naissance au Tertiaire jusqu'au Quaternaire ancien (Demoulin *et al.*, 2004). Le troisième retrace l'évolution géomorphologique dans le secteur du lieu-dit Trô Maret, où le cours d'eau du même nom se jetait dans la Warche, lorsque celle-ci coulait encore dans la vallée des Chôdières et de l'Eau Rouge (Delvenne *et al.*, 2004). Le quatrième décrit la capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffraix, ainsi que ses conséquences morpho-sédimentaires régionales (Juvigné et Delvenne, 2005a). Le cinquième montre la façon dont s'est faite la capture du Trô Maret, et apporte une ébauche de solution au problème de la vitesse d'encaissement de la Warche et du Trô Maret

après leurs captures respectives (Juvigné et Delvenne, 2005b). Le sixième concerne une étude des alluvions, d'une part de la Warche dans la vallée de l'Eau Rouge inférieure, et d'autre part de l'Ambève à Stavelot (Juvigné et Delvenne, 2005c), ce qui a conduit à proposer le raccord de très basses terrasses dans la zone de confluence avec le dernier cailloutis abandonné par la Warche au lieu-dit Trô Maret.

Introduction

L'ensemble des recherches antérieures a conduit à constater que, lorsque l'ancienne Warche s'engageait dans la vallée des Chôdières, sa pente longitudinale augmentait de 4% à 13% au lieu-dit Trô Maret (Pissart et Juvigné, 1982; Juvigné, 2004). L'accroissement de la pente longitudinale d'un cours d'eau vers l'aval nécessite une explication particulière dans la mesure où, en général, la pente diminue plutôt progressivement dans ce sens. Dans le cas de la Paléowarche, cet accroissement est d'autant plus énigmatique qu'il se produit sans cause apparente; le seul changement lithologique important intervient à la confluence Rustave-Eau Rouge, où

se trouve le contact entre le poulingue et le groupe quartzite-phyl-lade. L'examen de la possibilité de reconstruire un autre profil longitudinal de la rivière est donc pleinement justifié et fait l'objet du présent travail.

Les profils d'érosion régressive dans les cours d'eau régionaux

Les profils longitudinaux des cours d'eau de la région sont représentés à la figure 1. Il existe une concavité d'érosion régressive : a) dans les vallées des ruisseaux de Rohon, de Hockay où la reprise d'érosion a dû être ralentie par l'accumulation des dépôts périglaciaires dans la vallée de l'Eau Rouge ; b) dans la vallée de la Warchenne où elle se trouve actuellement environ 5 km à l'amont de Malmedy. La reprise d'érosion qui a généré ce type de profil pourrait être en relation avec une des phases d'accélération du soulèvement de l'Ardenne qui ont eu lieu pendant le Quaternaire (Demoulin, *in* Juvigné *et al.*, 2005).

Dans le cas de la Warchenne, un phénomène de capture intervient

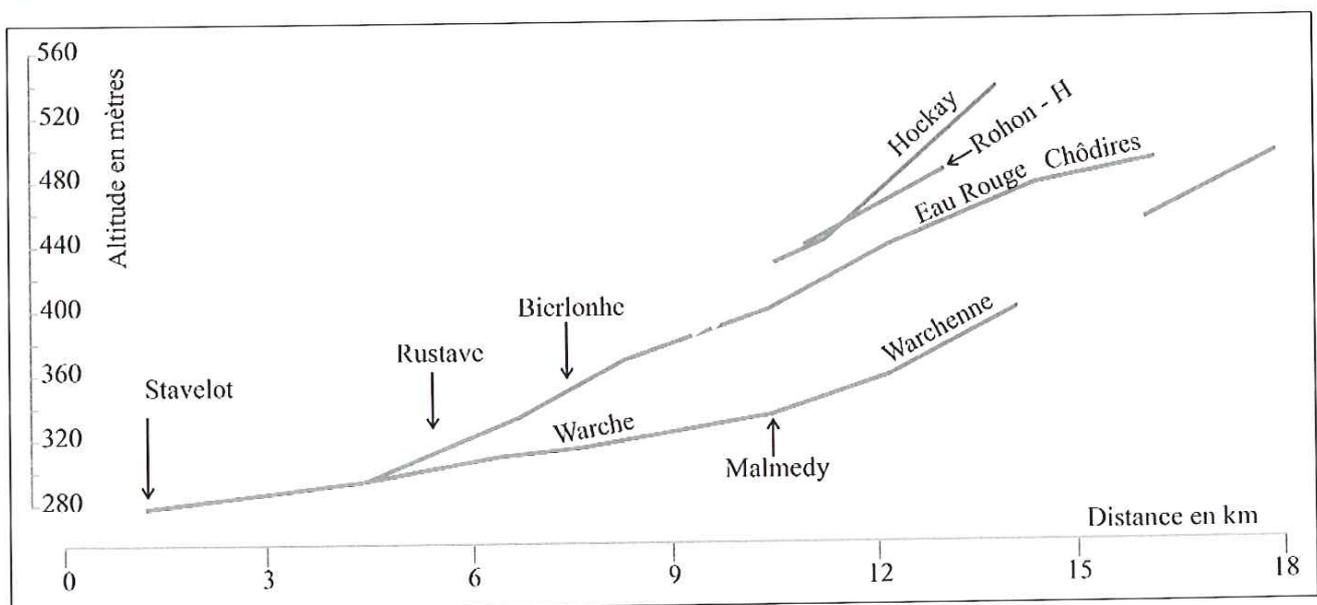


Fig. 1. Profils longitudinaux des cours d'eau confluents de la Warche ou à l'ancienne Warche (Chôdières-Eau Rouge). Les sections en jaune sont les concavités d'érosion régressive.

probablement aussi (Juvigné, 2004), ajoutant ses effets à la cause précitée.

En conséquence, Delvenne (2003) a émis l'hypothèse que le profil de la Paléowarche dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge pourrait avoir une forme typique de concavité d'érosion régressive, enfouie sous les épais dépôts périglaciaires qui se sont accumulés dans la vallée, après les pertes successives de la Warche, puis du Trô Maret. Nous discutons cette hypothèse ci-après.

Les sites de référence

Pour tenter de retracer le profil longitudinal de la Warche enfouie dans le tronçon Chôdières-Eau Rouge, il existe déjà des données : a) au lieu-dit Trô Maret (Delvenne *et al.*, 2004) ; b) au niveau du pont de l'autoroute A25 à Bernister (Vandenven, 1979) ; c) dans la vallée de l'Eau Rouge inférieure (Juvigné et Delvenne, 2005c). A ces données, nous ajoutons deux sondages électriques localisés en position intermédiaire (figure 2).

Le cailloutis de la Warche à l'entrée de la vallée des Chôdières

Le cailloutis abandonné par la Warche (Juvigné, 1985) au moment de sa capture à Bévercé est en affleurement dans la vallée du Trô Maret à 455m d'altitude (figure 2 : C455).

Le sondage électrique A dans le col de la vallée des Chôdières

La Warche entrait dans la vallée des Chôdières 350 m à l'aval du cailloutis C455, entre deux barres de quartzite subverticales si rapprochées, qu'il ne devait pas y avoir de plaine alluviale à cet endroit.

Ces données incontestables permettent d'interpréter la tomographie en résistivité électrique (figure 3A) réalisée à l'entrée de la vallée des Chôdières, quelque 150 m plus à l'aval (figure 2). La Warche devait nécessairement traverser la section de la tomographie à environ 453 m d'altitude, ce qui correspond au point le plus profond du contact matérialisé par un gradient de résistivité (positionné très près de la hauteur du passage entre les couleurs jaune et verte). En considérant celui-ci comme le contact entre les colluvions et la roche en place, la moitié SO du col correspondrait à une terrasse enfouie sous 2 à 3 m de colluvions.

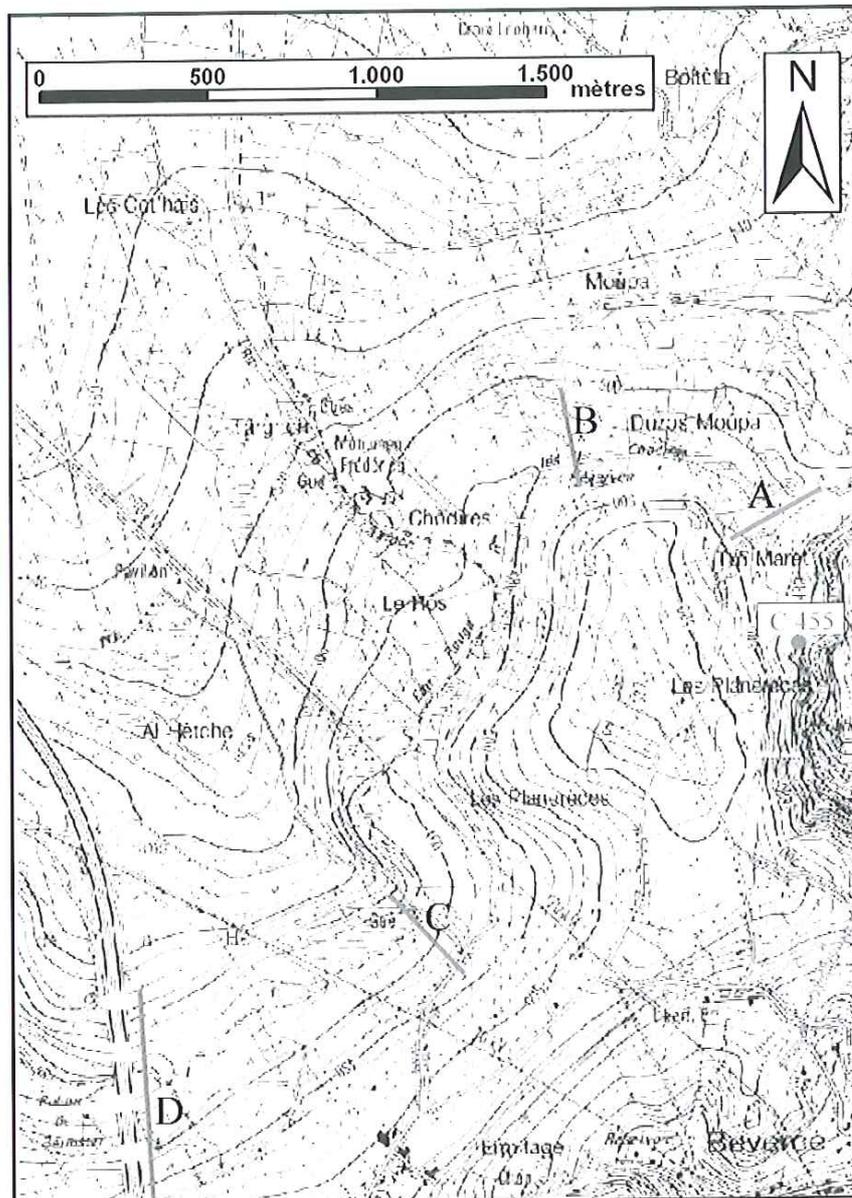


Fig. 2. Localisation des sites de référence entre le Trô Maret et Bernister
Légende : C455, cailloutis de la Warche ; A, B, C, sondages électriques ; D, coupe géologique de Vandenven (1979) au pont de Bernister.

Le sondage électrique B à l'amont du cône du ruisseau de Targnon

Un sondage carotté industriel qui a été réalisé en 1978 au bord du ruisseau des Chôdières (SC-1) a traversé 1 m de tourbe, puis 7 m de dépôt limoneux gleyifié, avant d'être interrompu après 1 m de carottage au trépan diamanté dans ce qui fut considéré à l'époque comme un gros bloc de quartzite. Il semble que la tomographie permette d'étendre la couche de matériaux meubles au secteur compris entre les abscisses 0 et 100 m, et d'accepter qu'elle repose en réalité sur le substratum plutôt que sur un niveau de gros blocs. Sur le versant opposé, entre les abscisses 200 et 320 m, les

plages de résistivité sont disposées de façon assez semblable, et permettent donc de placer le contact colluvions/ substratum à une profondeur de 5 à 10 m.

En conséquence, la vallée fossile de la Warche se trouve nécessairement dans la section de la tomographie B entre les abscisses de 100 et 200 m. Malheureusement dans ce secteur, les très faibles résistivités (en bleu) attestent essentiellement la présence d'une roche extrêmement humide probablement liée à une large zone subverticale de fracturation qui héberge une nappe phréatique. Cette particularité ne permet pas au contact colluvions/substratum de s'exprimer sur la tomographie.

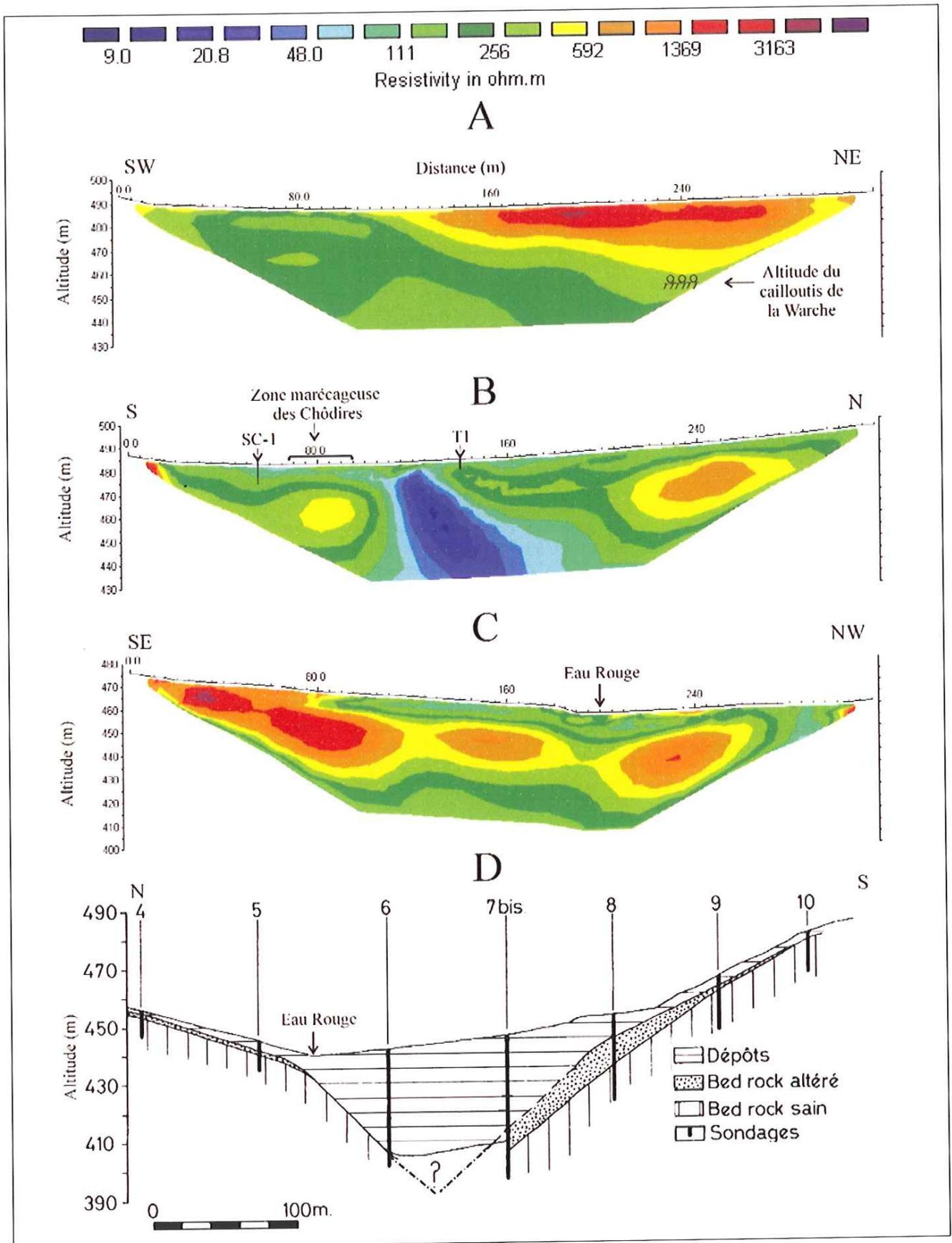


Fig. 3. Les sites de référence destinés à localiser le fond de la vallée fossile de la Warche. A, B, C. Tomographies de sondages électriques : A, à l'entrée de la vallée des Chôdières; B, à l'amont du cône du ruisseau de Targnon (SC-1 = sondage carotté et T1 = tranchée à la pelle mécanique) ; C, à l'amont du Pouhon de Bernister. D : coupe au pont de l'autoroute A25 au Pouhon de Bernister (d'après Vandenvén, 1979, modifié). Deux profils hypothétiques du fond de la vallée fossile sont représentés : l'un en trait plein selon Vandenvén ; l'autre en trait d'axe envisage le cas d'une vallée incisée en V. Le "?" indique la zone d'incertitude.

Toutefois, à cet endroit, la vallée fossile de la Warche doit se trouver soit à 448 m si l'on prolonge la pente de 4‰ observée de Robertville jusqu'au cailloutis C455, soit à 435 m si l'on accepte un profil rectiligne pour la Paléowarche entre C455 et Stavelot. Dans l'un et l'autre cas, les versants fossiles devraient avoir une pente classique pour la vallée (60 à 70%) entre les abscisses 100 et 200 m.

Notons enfin qu'une excavation réalisée à la pelle mécanique en 1978 en T1 a mis au jour 1 m, de tourbe, puis 4 m de limon d'origine éolienne gleyifié avec un enrichissement progressif en charge caillouteuse de haut en bas (Bastin et Juvigné, 1978). Cette observation n'aide pas l'interprétation, mais confirme néanmoins l'absence de roche en place dans cette tranche superficielle à cet endroit.

Le sondage électrique C à l'aval du Pouhon de Bernister

Sur la base de la répartition des plages de résistivité, il n'y a que deux parties de la tomographie où on pourrait localiser une vallée fossile : a) entre les abscisses 180 et 220 m ; b) entre 270 et 300 m. Compte tenu de la forme générale de la vallée à cet endroit, il est difficile d'imaginer que la Warche ait pu couler contre le versant droit à la sortie du méandre encaissé (figure 2).

En conséquence, il semble que la vallée fossile ne puisse se trouver que vers 15 m de profondeur dans la section 180-220 m. A partir de cette profondeur, des versants fossiles dont la pente serait de 60 à 70%, conduisent à un fond de vallée une dizaine de mètres plus bas (pour une vallée en V).

La coupe du pont de Bernister

Vandenvén (1979) a réalisé l'étude géologique préalable à la construction du pont de l'autoroute A25, destiné à enjamber la vallée de l'Eau Rouge au Pouhon de Bernister. Dans le fond de cette vallée, deux sondages carottés distants de 80 m (figure 3D), ont atteint la roche en place à 36 m (sondage 6) et 40 m (sondage 7bis), en n'ayant traversé que des dépôts de versant. Aucun cailloutis fluvial n'a été recoupé, mais dans la partie la plus profonde, la roche en place n'a pas été atteinte. Ceci signifie que le fond de la vallée fossile où doit se trouver le cailloutis de la Warche, est entre ces deux sondages. L'extrapolation faite par Vandenvén (1979) propose

un fond à environ 35 m sous la surface du sol. D'une part, dans la mesure où aucun cailloutis n'est recoupé à ce niveau, celui-ci doit être considéré comme une profondeur minimale pour le fond de vallée. D'autre part, comme il a été montré qu'au moment de sa capture, la Warche coulait dans un fond de vallée très étroit au lieu-dit Trô Maret (Delvenne *et al.*, 2004), si l'on admet un semblable profil transversal à la coupe de Bernister, le cailloutis fluvial pourrait se trouver à environ 55 m de profondeur.

Les excavations de la plaine alluviale de l'Eau Rouge inférieure

Elles ont montré la présence de la roche en place à une profondeur croissante de la confluence Eau Rouge-Amblève (2 m), vers l'aval (3 m de profondeur à 750 m de distance et plus de 3 m à la confluence Rustave-Eau Rouge). Ceci attribue au sommet de la roche en place les altitudes respectives de 278 m, 284 m et <292 m. Il faut remarquer que ces valeurs attribuent une pente de 8‰ à la base de la plaine alluviale, ce qui est inférieur à la valeur moyenne (13‰). Cette différence pourrait témoigner de la moindre pente existant à l'aval d'une reprise d'érosion ayant affecté le profil de la Paléowarche jusqu'à proximité de Bernister. Toutefois, elle peut aussi s'expliquer par la nature des roches, car le tronçon concerné est le seul qui se situe dans le poulingue.

Recherche du fond de la vallée fossile de la Warche

Sur la base de l'interprétation des cinq sites de référence, on peut délimiter une zone dans laquelle le profil longitudinal de la Warche devrait se trouver (figure 4). La construction de cette zone est basée sur les critères suivants :

1. Obligation de passer par le cailloutis C455 ;
2. Nécessité de tenir compte de deux pentes possibles à partir de C455: 4‰ au minimum et 13‰ au maximum ;
3. Impossibilité de prolonger la pente de 4‰ au-delà du pont de Bernister (où la vallée émergerait des dépôts) ;
4. Difficulté d'admettre que, sur la tomographie C, le fond de la paléovallée soit en-dessous de 435 m, soit 22 m sous la surface du sol ;
5. Obligation, au pont de Bernister, de situer le fond de la paléovallée

en dessous de 405 m et de tenir compte de la possibilité qu'il se trouve à 392 m.

6. Obligation de tenir compte d'une pente de 8‰ dans la partie extrême aval de la vallée de l'Eau Rouge.

On est maintenant en droit de se poser la question de savoir si cette concavité se prolonge à l'aval du pont de Bernister où nous manquons actuellement des données nécessaires pour modifier la pente rectiligne de 13‰. Indépendamment de cette lacune, on sait maintenant que les paléoconfluences respectives des ruisseaux de Hodial et de Hockai se trouvent aux environs de 370 m d'altitude sous les dépôts périglaciaires de la vallée de l'Eau Rouge. Ceci renforce l'importance de la concavité d'érosion régressive qui existe dans chacune des vallées concernées (figure 5).

En conséquence de l'application de ces critères, il peut exister une concavité d'érosion régressive enfouie, juste à l'amont du pont de Bernister où elle devrait s'étendre sur une distance d'environ 1 km. On est maintenant en droit de se poser la question de savoir si cette concavité se prolonge à l'aval du pont de Bernister où nous manquons actuellement des données nécessaires pour modifier la pente rectiligne de 13‰. Indépendamment de cette lacune, on sait maintenant que les paléoconfluences respectives des ruisseaux de Hodial et de Hockai se trouvent aux environs de 370 m d'altitude sous les dépôts périglaciaires de la vallée de l'Eau Rouge. Ceci renforce l'existence de la concavité d'érosion régressive qui est visible dans chacune des vallées concernées (figure 5).

Conclusion

Au moment où la Warche a été capturée à Bévercé, elle était probablement affectée d'une vague de reprise d'érosion qui avait dépassé le Pouhon de Bernister d'environ 1 km. Le prolongement d'un tel profil à l'aval du pont de Bernister reste à définir. Les traces de la concavité d'érosion régressive sont nettement perceptibles dans d'autres vallées régionales, ce qui renforce l'hypothèse défendue ici.

Remerciements

Les sondages électriques ont été réalisés avec du matériel mis gracieusement à notre disposition par la Société **Gtec** que nous remercions chaleureusement.

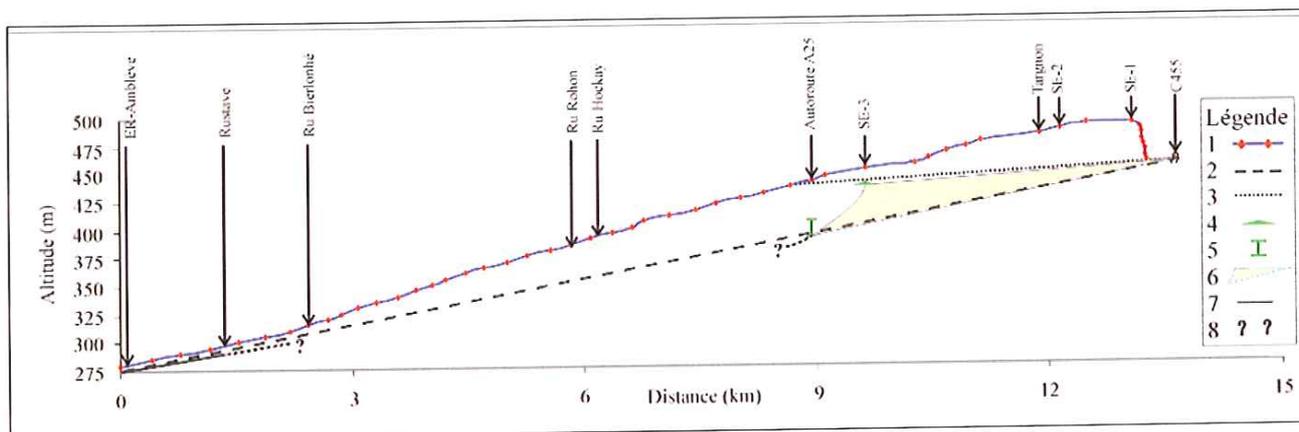


Figure 4. Recherche du profil longitudinal de la Paléowarche entre le Trô Maret et Bernister. Légende. 1, profil topographique de la vallée morte Chôdières-Eau Rouge; 2, profil longitudinal rectiligne (virtuel) du lit fossile de la Paléowarche; 3, prolongement de la pente longitudinale de la Paléowarche entre Robertville et le Trô Maret (4%); 4, profondeur maximale possible pour le lit fossile de la Paléowarche; 5, fourchette de profondeur dans laquelle le lit fossile de la Paléowarche devrait se trouver; 6, espace à l'intérieur duquel le profil du lit fossile de la Paléowarche devrait se trouver; 7, pente longitudinale de la Paléowarche (8%) entre la confluence du Rustave et Stavelot; 8, entre les deux points d'interrogation, il n'y a pas de données qui permettent de dessiner le profil longitudinal réel de la Paléowarche.

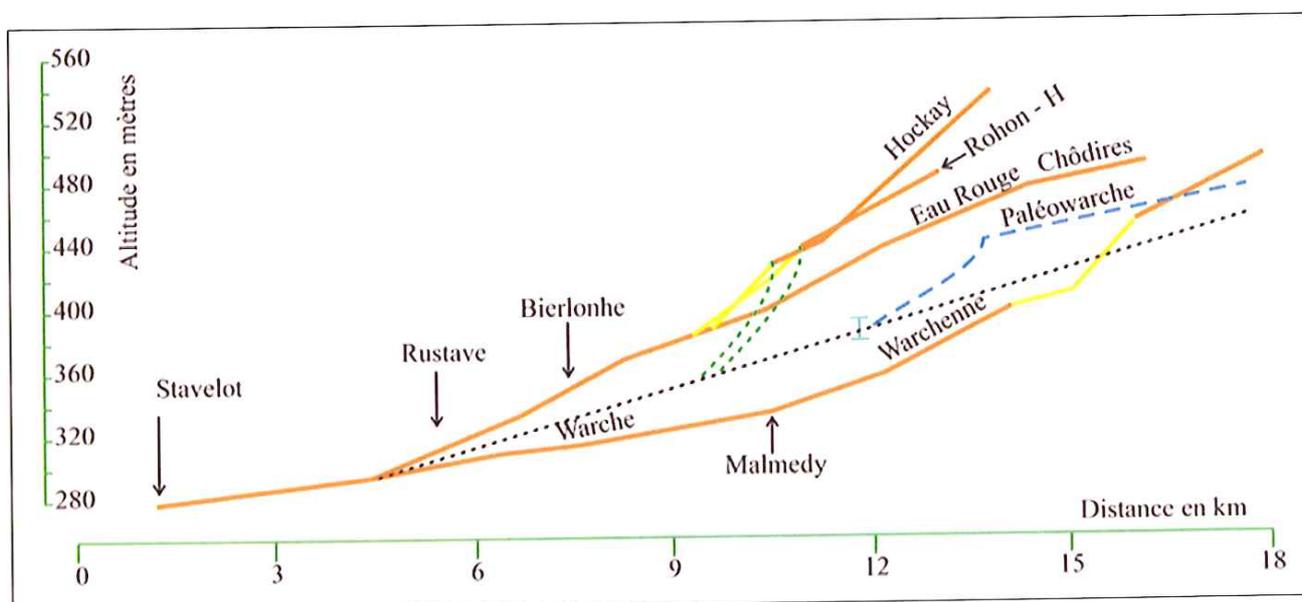


Figure 5. Concavités d'érosion régressive enfouies des ruisseaux de Rohon et de Hockay, ainsi que celle de la Paléowarche d'après la figure 4. Pour chacun des cours d'eau, ces concavités sont représentées en trait interrompu.



La vallée en V de la Warche entre le barrage de Robertville et Bévercé.

CONCLUSION

Au terme des recherches complémentaires qui, au cours de ces deux dernières années, ont été consacrées aux problèmes posés par l'évolution du cours de la Warche entre Robertville et Stavelot, quelques résultats originaux peuvent être dégagés. Ils sont présentés ci-après dans l'ordre chronologique des faits géomorphologiques.

Les cours d'eau qui allaient alimenter la Warche primitive se sont installés sur les plages sableuses abandonnées sur la retombée méridionale du plateau des Hautes Fagnes au début de la dernière grande régression marine, il y a environ 30 Ma (Oligocène).

Cette régression se poursuivant, le niveau de base régional de l'érosion s'est abaissé au point d'engendrer le développement d'une vaste baie ouverte vers l'Ouest dans la région de Malmedy, et la Warche s'y est installée. Cette situation a pu exister dès le Miocène, il y a environ 20 Ma. A cette époque, le cours d'eau coulait aux environs de 530 m (en altitude actuelle) entre Mont-Xhoffraix et Bévercé. Plus à l'aval, sa position géographique ne peut être précisée faute de relief d'altitude supérieure à 530 m conservé entre la dépression de Malmedy et la retombée méridionale du plateau des Hautes Fagnes. Toutefois, contrairement à une hypothèse antérieure défendue par Goossens (1956), la Warche n'a vraisemblablement jamais emprunté la vallée du Roannay. Jusqu'à une période proche de la transition Tertiaire-Quaternaire, la Warche coulait à ce niveau au moins dans la moitié supérieure de son cours, car le cailloutis qu'elle a abandonné à Gdumont vers 510 m d'altitude a été attribué au Quaternaire ancien sur la base d'arguments sédimentologiques par Demoulin (1982).

A partir de cette tranche d'altitude, l'encaissement de la Warche s'est accéléré, probablement en relation avec l'accroissement de la vitesse de soulèvement de l'Ardenne, calculée dans l'Amblève inférieure (Demoulin : in Juvigné et al., 2005). En même temps, le cours d'eau a adopté entre Bévercé et Les Chôdires, un tracé en baïonnette dont le tronçon N-S a dû lui être imposé par la 'Zone faillée de Hockay', et le coude du lieu-dit Trô Maret par le versant sud du plateau des Hautes Fagnes. La rivière était dès lors contrainte de rester dans les vallées actuelles des Chôdires, puis de l'Eau Rouge, comme le démontrent deux cailloutis de la Warche, en affleurement sur le versant droit du Trô Maret inférieur, respectivement à 465 m (Pissart et Juvigné, 1982) et 455 m d'altitude (Juvigné, 1985).

Le cailloutis de 455 m est de toute évidence la dernière trace du passage de la Warche dans les vallées des Chôdires et de l'Eau Rouge; il contient des minéraux volcaniques qui datent nécessairement sa mise en place au début de la dernière glaciation (entre 62 et 106 ka). Par ailleurs, on constate qu'à ce moment, le même cailloutis se trouve dans l'Eau Rouge inférieure et l'Amblève dans une très basse terrasse, ce qui permet de donner au profil longitudinal enfoui de la Paléowarche une pente moyenne de 13%, alors qu'elle n'est que de 4% de Robertville jusqu'au lieu-dit Trô Maret.

C'est lorsqu'elle passait à 461 m d'altitude entre Mont-Xhoffraix et Bévercé que la Warche a été capturée (Pissart et Juvigné, 1982), probablement via des pertes karstiques (Jamar, 1985) qui devaient exister dans le poudingue de Malmedy à cet endroit, ainsi que cela a été démontré à proximité (Ozer, 1971). C'est ce réseau karstique qui a dû permettre à la Warche de descendre en cascades jusqu'à environ 352 m dans la dépression de Malmedy, et d'effectuer ainsi rapidement une chute d'une centaine de mètres. Celle-ci allait déclencher une puissante vague d'érosion régressive qui atteint aujourd'hui Robertville, et affecte tous les affluents situés entre cette localité et Bévercé. Cette capture a eu lieu au début de la dernière glaciation, il y a environ 100.000 ans.

Après cette capture, le Trô Maret a continué de couler dans le lit abandonné par la Warche dans les vallées des Chôdires et de l'Eau Rouge en édifiant rapidement à son ancienne confluence, un cône de déjection qui allait faire barrage à un lac alimenté essentiellement par le Trô Maret lui-même. Lorsque la surface de ce lac a atteint l'altitude du point de capture (461 m), l'eau s'y est déversée via la Warche dans la dépression de Malmedy. L'érosion régressive s'est aussi déclenchée à l'exutoire, d'abord à travers le fond du lac, puis le cône de déjection, et le Trô Maret a ainsi été détourné de la vallée des Chôdires, une dizaine de milliers d'années après que la Warche ait été capturée (Juvigné et Delvenne, 2004).

Les captures successives de la Warche et du Trô Maret ont privé les vallées des Chôdires et de l'Eau Rouge de la plus grande partie des eaux qui évacuaient les dépôts de versants et des affluents. Ces apports se sont donc accumulés notamment pendant la période périglaciaire contemporaine de la dernière glaciation. Ces dépôts atteignent maintenant des épaisseurs de 35 m au lieu-dit Trô Maret et peut-être 55 m au Pouhon de Bernister. Dans cette mesure, ces vallées mortes nécessitent se placer pendant la dernière glaciation. Ces conditions sont inconciliables avec l'évolution morphologique et chronologique de l'environnement de la haute Belgique au cours des cent derniers milliers d'années.

En ce qui concerne l'accroissement énigmatique de la pente longitudinale de la Paléowarche dans le tronçon Chôdires-Eau Rouge, des sondages électriques et des forages mécaniques nous ont conduits à supposer l'existence d'un profil concave d'érosion régressive enfoui sous les épais dépôts de pente périglaciaires. Ce profil pourrait être synchrone de formes identiques qui sont nettement reconnaissables dans les autres cours d'eau régionaux, comme les ruisseaux de Hockay, de Hodial, ou encore la Warchenne.

La possibilité que la Warche ait coulé à un moment donné dans la vallée du Rustave a été envisagée par Renier (1901), puis Goossens (1956), impliquant une capture qui serait survenue à Pont à Warche à 375 m d'altitude. Toutefois, aucun argument sédimentologique ne permet de défendre cette hypothèse. Par ailleurs, la pente longitudinale du Rustave (21%) ne peut s'intégrer dans le profil de la Paléowarche (moins de 13%). Quant au moment de la capture, il devrait nécessairement se placer pendant la dernière glaciation. Ces conditions sont inconciliables avec l'évolution morphologique et chronologique du cours de la Warche. En conséquence, le surdimensionnement et la pente longitudinale de la vallée du Rustave ne peuvent s'expliquer que par des causes lithologiques, à savoir la solubilité du poudingue.

Au terme de l'ensemble des recherches effectuées à ce jour, l'âge de la capture de la Warche (entre 106.000 et 62.000 ans) reste donc énigmatique dans la mesure où, postérieurement, les roches dures du Paléozoïque (quartzites et phyllades) ont été creusées sur 108 m de dénivellation au point de capture (Bévercé) et la reprise d'érosion s'est propagée jusqu'à 7 km à l'amont (Robertville).

Bibliographie

- BASTIN, B., JUVIGNÉ, E. (1978). L'âge des dépôts de la vallée morte des Chôdières (Malmedy). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 101, p. 270-304.
- BLESS M., DEMOULIN A., FELDER P., JAGT J. & REYNDER J. (1990). The Hautes Fagnes area (NE Belgium) as a monadnock during the late Cretaceous. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113 : 75-101.
- BUSTAMANTE SANTA-CRUZ, L. (1973). Les minéraux lourds des alluvions du bassin de la Meuse. Thèse de doctorat, Katholiek Universiteit te Leuven, Faculteit der Wetenschappen, 355 p., Leuven.
- DELVENNE, Y. (2003). Contribution à l'étude des profils longitudinaux de la Warche entre Robertville et Stavelot. Mémoire de licence en sciences géographiques. Université de Liège, Département de géographie, inédit, 90 p.
- DELVENNE, Y., DEMOULIN, A. et JUVIGNÉ, E. (2004). L'évolution géomorphologique dans le secteur de l'ancienne confluence Warche-Trô Maret. *Hautes Fagnes*, 2004-4, 256, p. 101-105.
- DELVENNE, Y., JUVIGNÉ, E. et DEMOULIN, A. (2005). Le profil en-fouï de la Warche dans la vallée des Chôdières et de l'Eau Rouge. *Hautes Fagnes*, 2005-1, 257, p. 21-25.
- DEMOULIN, A. (1982). Note sur le dépôt de G'doumont (Malmedy). *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 18, p. 91-95.
- DEMOULIN A. (1988). Cenozoic tectonics on the Hautes Fagnes plateau (Belgium). *Tectonophysics*, 145 : 31-41.
- DEMOULIN A. (1989). Les transgressions oligocènes sur le massif Ardenne-Eifel. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 112 : 215-224.
- DEMOULIN A. (1995). Les surfaces d'érosion méso-cénozoïques en Ardenne-Eifel. *Bulletin de la Société géologique de France*, 166 : 573-585.
- DEMOULIN, A., DELVENNE, Y. et JUVIGNÉ, E. (2004). Les cours hypothétiques de la Warche pendant le Tertiaire et le Quaternaire ancien. *Hautes Fagnes*, 2004/3, p. 80-83.
- GOOSSENS, R. (1956). Les niveaux d'aplanissement du bassin de la haute Amblève. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 79(B), p. 159-175.
- GULLENTOPS F. (1986). The Maastrichtian seal level rise. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 109 : 363-365.
- IMBRIE, J., HAYS, D., MARTINSON, D.G., McINTYRE, A., MIX, A.C., MORLEY, J.J., PISIAS, N.G., PRELL, W.L. & SHACKLETON, N.J. (1984). The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine 18O record. In, *Molankovitch and climate*, A. Berger et al., eds, 269-306, Dordrecht.
- JAMAR, E. (1985). Quelques aspects des problèmes liés à la capture de la Warche à Bévercé. Mémoire de licence en sciences géographiques. Université de Liège, Département de géographie physique, inédit, 134 p.
- JUVIGNÉ, E. (1979). L'encaissement des rivières ardennaises depuis le début de la dernière glaciation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 23, p. 291-300.
- JUVIGNÉ, E. (1985). Données nouvelles sur l'âge de la capture de la Warche à Bévercé. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 21 : 3-11.
- JUVIGNÉ, E. (1993). Contribution à la téphrostratigraphie du Quaternaire et son application à la géomorphologie. *Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 36, 66 p.
- JUVIGNÉ E. (2004). L'évolution du cours de la Warche depuis 30 millions d'années: état des connaissances en 2003. *Hautes Fagnes*, 2004/2 : 48-55.
- JUVIGNÉ, E. et WINTLE, A. (1988). A new chronostratigraphy of the Late Weichselian loess units in Middle Europe based on thermoluminescence dating. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 38 : 94-105.
- JUVIGNÉ, E., CORDY, J.-M., DEMOULIN, A., GEERAERTS, R., HUS, J. et RENSON, V. (2005). Le site archéo-paléontologique de La Belle-Roche (Belgique) dans le cadre de l'évolution géomorphologique de la vallée de l'Amblève inférieure. *Geologica Belgica*, 8/1-2 : 121-133.
- JUVIGNÉ, E. et DELVENNE, Y. (2005a). La capture de la Warche entre Bévercé et Mont-Xhoffer. *Hautes Fagnes*, 2005-1, 257, p. 21-25.
- JUVIGNÉ, E. et DELVENNE, Y. (2005b). La capture du Trô Maret. *Hautes Fagnes*, 2005-2, 258, p.25-29.
- JUVIGNÉ, E. et DELVENNE, Y. (2005c). Les dernières traces du cours de la Warche dans la vallée inférieure de l'Eau Rouge. *Hautes Fagnes*, 2005-3, 259, p.26-29.
- NYS, L. (1930). Sur le dépôt tertiaire de G'doumont. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 53(B) : 41-43.
- OZER, A. (1967). Contribution à l'étude géomorphologique des régions où affleure le pou-dingue de Malmedy. Mémoire de licence en sciences géographiques. Université de Liège, Département de géographie, inédit, 189 p.
- OZER, A. (1971). Les phénomènes karstiques développés dans le pou-dingue de Malmedy. *Annales de Spéléologie*, 26 (2) : 407-422.
- PISSART, A. (1953). Un phénomène de capture près de Mont-Xhoffer. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 76(B) : 129-133.
- PISSART, A., JUVIGNÉ, E. (1982). Un phénomène de capture près de Malmedy : la Warche s'écoulait autrefois par la vallée de l'Eau Rouge. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 105 : 73-86.
- RENIER, A. (1901). Le pou-dingue de Malmedy. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 29(M) : 145-223.
- RENIER, A. (1919). Compte rendu de la session extraordinaire de la Société belge de Géologie de Paléontologie et d'Hydrologie, tenue les 17, 18 19 et 20 septembre 1919. *Bulletin de la Société belge de Géologie de Paléontologie et d'Hydrologie*, 29 : 213-254.
- VAN DEN BOGAARD, P. (1995). 40Ar/39Ar ages of sanidine phenocrysts from Laacher See Tephra (12.900 yr BP), chronostratigraphic and petrologic significance. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 133, p. 163-174.
- VANDENVEN, G. (1978). Sondages pour le pont XXV de l'autoroute A27 au Pouhon de Bernister; plan G.Vdv76. Service géologique de Belgique, Bruxelles.

