

IMPACTS LIÉS AUX TRAVAUX
D'AMÉNAGEMENT
SUR LES COURS D'EAU

IMPACT OF WATERCOURSE
IMPROVEMENTS

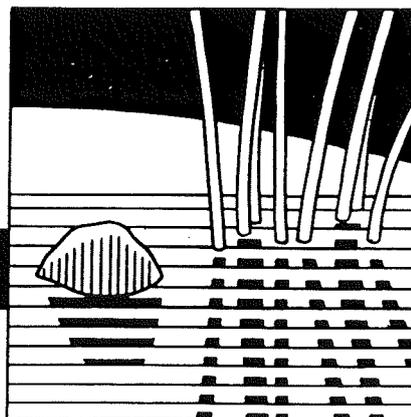
ÉVALUATION, MÉTHODOLOGIE,
AIDE À LA GESTION

ASSESSMENT, METHODOLOGY,
MANAGEMENT ASSISTANCE

COLLOQUE INTERNATIONAL
INTERNATIONAL SYMPOSIUM

Actes définitifs
Final proceedings

SEPT. 91



B-WÉPION

L'influence des plantations de résineux en fond de vallée sur l'évolution géomorphologique de rivières de Haute-Belgique

Dr. F. Petit

*Laboratoire de Géographie physique, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire
Université de Liège, Place du 20 Août 7 - B-4000 Liège, Belgique*

RÉSUMÉ

Différentes études réalisées dans des rivières ardennaises de dimension modeste montrent que les méandres sont court-circuités par une fraction du débit lors des crues supérieures au débit à pleins bords. Des déversements se produisent alors dans la dernière boucle des méandres provoquant une érosion régressive de la rive concave ce qui, à la longue, entraîne le recouplement total du méandre. Ce processus est relativement lent mais il s'accélère considérablement à partir du moment où un chenal de recouplement peut s'individualiser et s'inciser au travers du pédoncule du méandre. En présence d'une végétation prairiale, l'individualisation de tels chenaux est rare parce que le tapis herbacé assure une protection efficace contre l'érosion et que le scalping de ce dernier nécessite, outre des vitesses élevées du courant, une action préparatoire des animaux fouisseurs, ce qui est un phénomène aléatoire. Lorsqu'il y a plantation de résineux en fond de vallée, il y a absence de tapis végétal et donc une protection moindre; de telle sorte que la condition nécessaire à l'individualisation des chenaux n'est plus indispensable. Il en résulte une généralisation du processus de recouplement par individualisation de chenaux et donc une accélération des recouplements de méandre, ce qui entraîne une tendance à la rectification du tracé de la rivière et une transmission plus rapide du flux vers l'aval.

SUMMARY

Various studies conducted in small rivers in the Ardennes show that, at the bankful stage, meanders are cut by a part of the discharge flowing over the meander neck. Plunge pools occur in the last loop of meanders, causing regressive erosion of the concave bank which, in the end, produces meander cutoff. This process is slow but it becomes faster from the moment when a cutoff channel can be individualized and incised through the meander neck. Where grass-land vegetation grows on the top of river banks and in the flood plain, the development of these cutoff channels is not common because this kind of vegetation cover offers a strong resistance to the erosion and because the scalping of this vegetation requires, in addition to high flow velocities, the action of burrowing animals, which is an aleatory phenomenon. On the other hand, when spruces have been planted in the flood plain, grass-grown cover is missing and the protection is less important; so that, the condition essential to cutoff channel creation is no longer required. From this results, a development of meander cutoff process by channel individualisation, thus an acceleration of meander cutoffs, which produces a trend towards stream rectification and a faster flow transmission downstream.

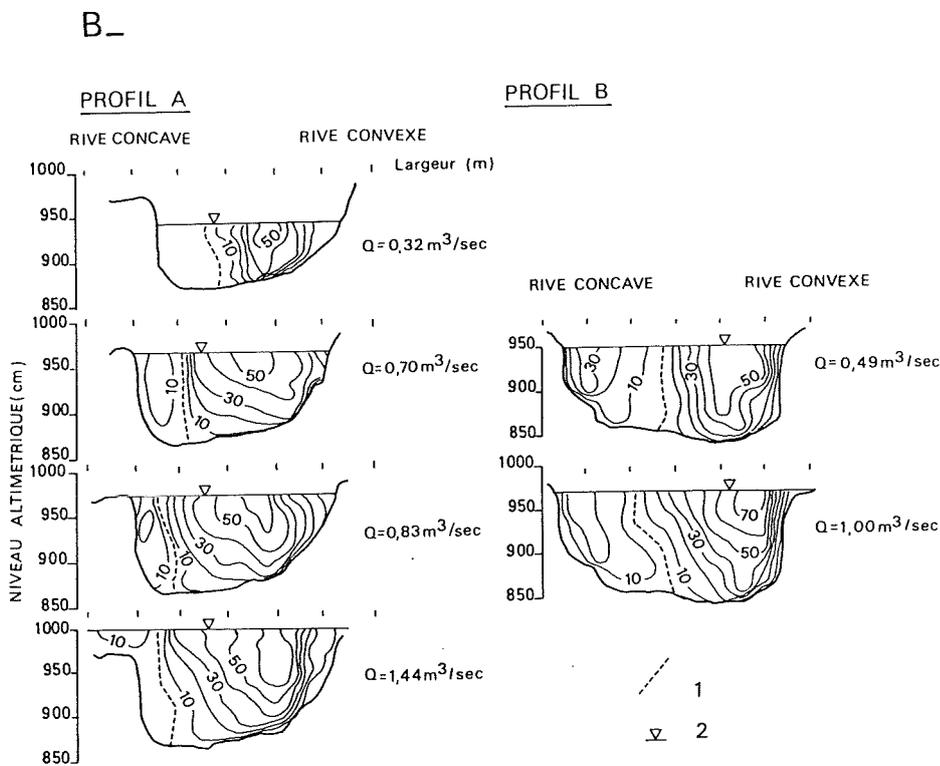
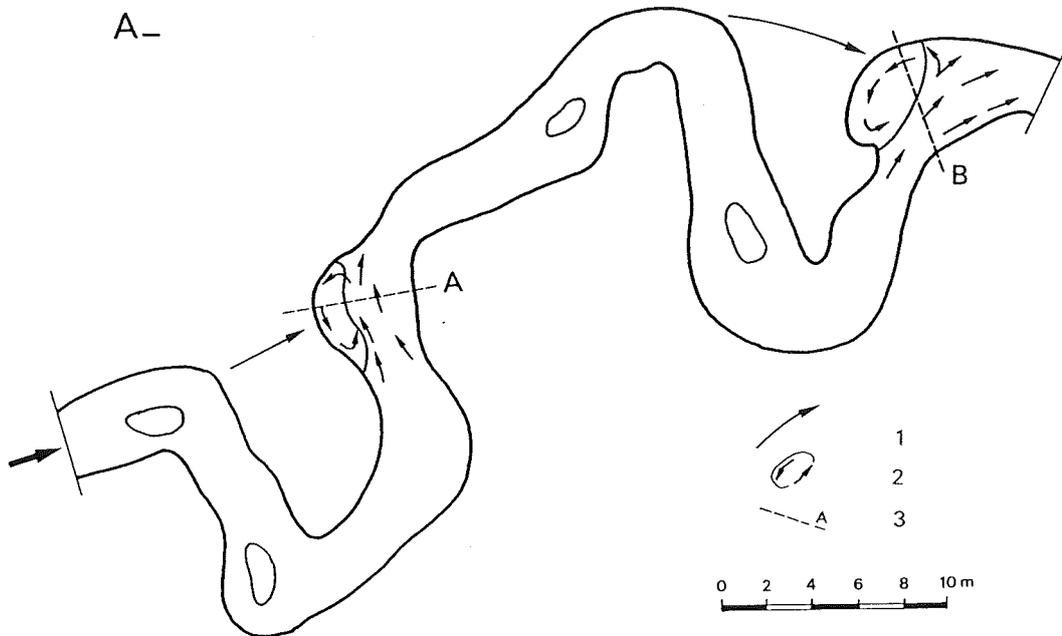


Figure 1a:

Localisation des cellules de contre-courant dans un secteur d'études détaillées.

- 1) trajet préférentiel du courant en période d'inondation;
- 2) organisation du courant et cellule de contre-courant;
- 3) localisation des profils transversaux où les vitesses du courant ont été mesurées (cf. fig. 1b).

Figure 1b:

Répartition des vitesses du courant dans les boucles où il y a déversement en période de crues supérieures au débit à pleins bords:

- 1) limite du contre-courant;
 - 2) niveau altimétrique du plan d'eau.
- L'équidistance des courbes isotaches est de 10 cm.s^{-1} , les hauteurs sont exagérées deux fois.

Introduction

L'étude de la dynamique actuelle de différentes rivières ardennaises a montré que leur évolution — principalement en ce qui concerne les recoupements de méandres — est largement influencée par la végétation qui colonise la plaine alluviale. Toute modification de cette végétation, qu'elle soit anthropique ou non, risque d'entraîner une modification radicale des caractères morphologiques de ces rivières mais aussi de leur comportement hydrologique.

Les différents processus d'évolution en fonction de la végétation ont plus particulièrement été étudiés dans une rivière du sud de l'Ardenne, la Rulles en forêt d'Anlier. Précisons d'emblée que les processus mis en évidence pour cette rivière se sont avérés être représentatifs de la dynamique d'autres rivières, telles que l'Amblève supérieure (CHARLIER, 1970), la Lienne (MASSON, 1971) et la Schwalm (MOLITOR, 1991).

1. Caractéristiques de la Rulles et méthodes d'étude

La Rulles en forêt d'Anlier a un tracé relativement naturel et coule en dehors de toute zone d'habitat. Jusque dans un passé récent, sa plaine alluviale était occupée par des prés de fauche. L'abandon de cette pratique a abouti à une recolonisation partielle du lit majeur par une strate arbustive (aulnes et saules) mais, en plusieurs endroits, le fond de la vallée a été planté en épicéas.

A l'endroit de notre étude, où une station limnigraphique a été installée, la superficie du bassin hydrographique atteint 16 km^2 ; le débit moyen annuel lors de la période d'enregistrement (1974-1979) était de $0.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La récurrence de ce débit, dont on verra toute l'importance par la suite, est de 0.4 ans. Grâce à une analyse comparative effectuée avec les débits de la Rulles à différentes stations limnigraphiques situées plus en aval d'une part, avec les débits de la Semois enregistrés à Membre sur une longue série de mesures d'autre part, il a pu être établi que notre période d'observation était anormalement sèche (PETIT, 1983). Aussi, la fréquence du débit à pleins bords (2,5 fois par an, soit plus de 12 jours par an), qui apparaissait déjà comme anormalement élevée par rapport à ce qui est généralement admis (récurrence de l'ordre de 1 an, voire 1,5 ans) est en réalité estimée par défaut. Une analyse plus récente du régime hydrologique des rivières du sud de l'Ardenne montre d'ailleurs un accroissement généralisé de la fréquence du débit à pleins bords lors de la période 1980-1990.

Etant donné les dimensions modestes de la rivière (largeur moyenne voisine de 4 m, longueur d'onde des méandres de l'ordre de 20 m), l'étude de l'évolution de la rivière nécessitait des levés précis. Ceux-ci ont dû être effectués au théodolite, avec implantation de repères matérialisés sur le terrain, de façon à assurer une localisation exacte des relevés et donc une répétitivité correcte des mesures dans le temps. Dans ces secteurs d'étude, longs d'une centaine de mètres chacun, des mesures de vitesse du courant et d'autres paramètres dynamiques tels que la force tractrice, ont été effectuées pour des débits allant des étiages les plus bas ($6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) à une crue voisine de la crue quinquennale ($4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Ainsi nous avons pu suivre l'évolution de quinze méandres, de 1973 à 1990. Ajoutons enfin que nous avons bénéficié de photographies aériennes d'excellente qualité prises avant le début de notre recherche: vol de 1957 au 1/20 000 agrandies au 1/2 500 pour les besoins de notre étude et vol de 1970 au 1/7 000.

2. Recoupement de méandre par déversement

L'évolution observée dans un des secteurs d'étude, secteur composé de deux méandres dont la forme évoque celle d'un omega, illustre bien le processus de recoupement par déversement (ou encore par plunge-pool) (Fig. 1a). Tout d'abord, on note que dans la dernière boucle de chacun des méandres, la rive concave forme une encoche importante où s'édifie un dépôt limono-sableux. Cette encoche est occupée par une zone de contre-courant qui s'organise en une cellule continue à axe verticale, séparée du flux principal par une ride où prennent naissance de petits tourbillons. En période de faibles débits, les vitesses qui animent ce contre-courant sont nettement moins élevées que celles du flux principal et permettent ainsi la sédimentation du matériel fin. Mais ce dépôt n'est que transitoire car il se fait remanier lorsque le débit augmente du fait que les vitesses du contre-courant sont alors plus importantes (de l'ordre de $25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$); ces vitesses ne suffisent cependant pas à éroder le limon alluvial compacté qui constitue la rive concave (Fig. 1b).

En période de crues voisines du débit à pleins bords, la cellule de contre-courant tend à disparaître et disparaît même totalement lors des crues les plus importantes. En effet, lorsque le débit augmente, il y a non seulement un élargissement du point d'impact qui engendre le contre-courant mais, de plus, en période d'inondation, une fraction du débit court-circuite l'ensemble du méandre, de la première boucle vers la dernière, et se déverse dans la partie de la rive concave où coulait le contre-courant (cf. flèches sur la figure 1a). C'est alors qu'il y a

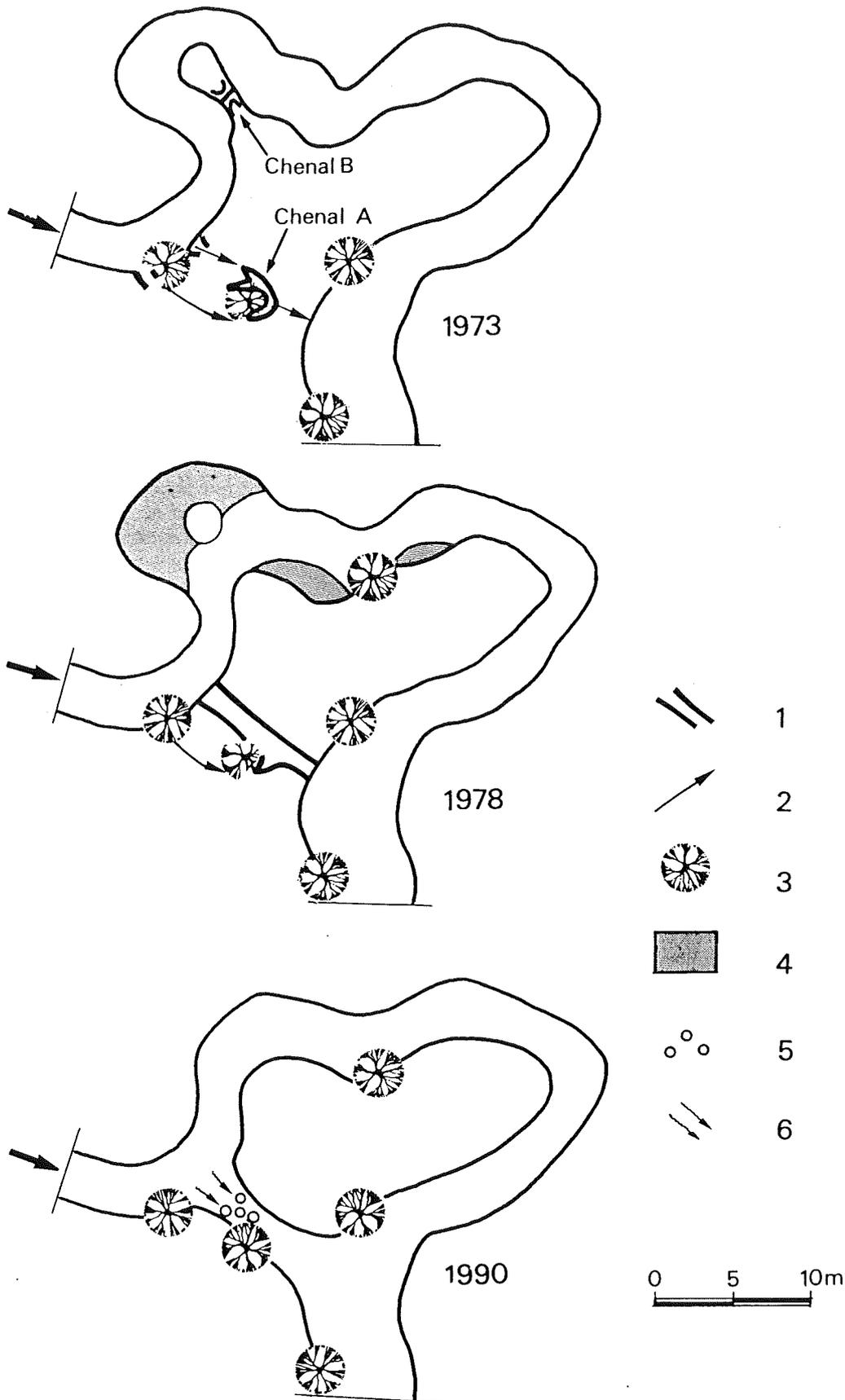


Figure 2

Recouplement du méandre par individualisation de chenaux:

- 1) ébauche de chenal et chenal perché;
- 2) trajet préférentiel du courant en période d'inondation;
- 3) arbre;
- 4) dépôt stabilisé;
- 5) marmite d'érosion dans le limon alluvial;
- 6) chute.

érosion de cette rive concave et uniquement à ce moment-là car, en l'absence de crues supérieures au débit à pleins bords, nous n'avons jamais observé d'érosion de cette rive.

Sur quinze méandres étudiés dans tous les secteurs, nous avons observé que onze d'entre eux évoluaient par déversement, comme nous venons de le décrire. Ils présentent tous les mêmes caractéristiques: forme en oméga, encoche importante de la dernière boucle avec présence d'une cellule de contre-courant lors de faibles débits, dépôts limono-sableux mal classés au pied de la rive concave, érosion régressive par déversement lors de crues supérieures au débit à pleins bords. Etant donné la largeur moyenne des pédoncules des méandres d'une part, étant donné la vitesse d'amincissement de ces pédoncules (0.2 m.an^{-1} maximum) d'autre part, amincissement résultant de l'érosion régressive là où il y a déversement et de l'érosion latérale au point de fuite de la première boucle, nous avons pu estimer que le recouplement de ces méandres nécessitait près de 40 ans. Toutefois, comme nous allons le voir ci-dessous, ce processus de recouplement s'accélère considérablement à partir du moment où un chenal de recouplement peut s'individualiser au travers du pédoncule du méandre.

3. Recouplement de méandres par individualisation de chenaux

Dans un second secteur d'études, nous avons suivi un double phénomène de recouplement de méandre par individualisation de chenaux au travers du pédoncule des méandres. Un premier chenal (chenal A à la Fig. 2) recoupe tout un méandre composé, le second (chenal B, Fig. 2) seulement une boucle qui s'intègre elle-même dans un petit méandre dont la forme se rapproche de celle d'un oméga. Ces deux chenaux étaient déjà individualisés au début de la période d'observation, mais à des degrés divers.

Dans un de ces chenaux (chenal B), le tapis végétal était déjà enlevé en majeure partie et il ne subsistait que quelques mottes de limon alluvial qui supportaient un tapis végétal dense. Ce chenal fonctionnait déjà pour des débits faibles, mais la fraction du débit qui y transitait alors, était peu importante. En cinq ans (1973-1978), ce chenal est arrivé à détourner la totalité du débit et toute une boucle a été ainsi recoupée. L'évolution du chenal s'est faite d'abord par érosion régressive, et ensuite par érosion latérale, mais cette évolution s'est accélérée à partir du moment où le chenal a été suffisamment incisé pour que la charge de fond caillouteuse qui est périodiquement mise en mouvement puisse y transiter.

La boucle recoupée s'est faite remblayer par d'importants dépôts sableux puis limoneux, si bien qu'à l'heure actuelle, après un peu plus de dix ans, l'ancien lit se confond totalement avec la plaine alluviale.

Dans le second chenal (chenal A), le tapis végétal était encore présent en 1973 et le limon alluvial n'y affleurait que ponctuellement, notamment dans une petite cuvette située au pied d'un arbre. Le façonnement de cette cuvette est d'ailleurs à mettre en relation avec les racines de cet arbre, du fait qu'elles ont joué un rôle analogue à celui d'un banc résistant et qu'elles ont ainsi provoqué, en période d'inondation, des petits déversements dans le lit moyen. L'évolution du chenal A a été moins rapide que celle de l'autre chenal, du fait tout d'abord qu'il était à un niveau altimétrique plus élevé et donc qu'il était moins souvent actif, du fait également que, dans sa plus grande partie, il était encore protégé par le tapis végétal. Toutefois, nous avons observé une incision de ce chenal, mais marquée par deux accélérations.

Une première accélération du processus d'incision s'est manifestée à partir du moment où il y a eu attaque du tapis végétal. Grâce à des mesures effectuées dans ce chenal, mais également dans d'autres sites, nous avons pu mettre en évidence que le tapis végétal constitué d'une végétation de type prairiale (PETIT & SCHUMACKER, 1985) assure une très bonne protection du limon alluvial (PETIT, 1988). En effet, ainsi protégé le limon alluvial peut résister à des vitesses du courant qui, en l'absence de cette végétation, auraient permis son érosion (de 0.6 à 0.7 m.s^{-1} à 10 cm du fond). Par ailleurs, l'érosion du matériel protégé nécessite des vitesses du courant au moins deux fois plus importantes (plus de $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ à 10 cm du fond). Toutefois, nous avons constaté que l'attaque du tapis végétal était non seulement favorisée mais était conditionnée par l'action préalable des animaux fouisseurs, action aléatoire tant dans l'espace que dans le temps.

Suite à ce scalping du tapis végétal, le chenal s'est individualisé au travers de la totalité du pédoncule du méandre (Fig.2), mais à ce moment (1978) il se trouvait encore à un niveau altimétrique trop élevé pour que la charge de fond puisse y transiter.

Le chenal n'a atteint ce niveau qu'en 1990, comme le prouvent les observations suivantes. Des marmites d'érosion d'une taille décimétrique se sont façonnées au détriment du limon alluvial qui affleure dans le chenal. Ces marmites, remplies de cailloux dont la taille moyenne est de l'ordre de 1.5 cm , ne sont cependant pas encore jointives. Le processus d'incision est donc encore en cours même s'il est accéléré, comme le prouve le fait que le chenal atteint actuellement une largeur de près de 2 m , qu'il fonctionne même pour des débits d'étiage et qu'il détourne plus de la moitié du débit.

Par ailleurs, la présence du cailloutis dans les marmites d'érosion appelle deux commentaires plus fondamentaux. D'une part, il se confirme que c'est bien la charge de fond qui, lorsqu'elle est transportée, est l'élément moteur de l'érosion — verticale ou latérale — du limon alluvial. D'autre part, la dimension du matériel présent dans ces marmites nous donne une indication précieuse quant à la taille du matériel qui peut être mis en mouvement, c'est-à-dire de la compétence de la rivière; ce qui rejoint les observations faites dans cette rivière, notamment à l'aide de cailloux marqués et de pièges à sédiments (PETIT, 1987).

TABLEAU I : SYNTHESE DES DIFFERENTS RECOUPEMENTS DE MEANDRE

	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	Chenal A (Fig. 2)	Chenal B (Fig. 2)	Epicéa	Epicéa
Court-circuit pour $Q > Q_b$	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957
Déversement et érosion régressive dans la dernière boucle	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957
Erosion latérale au point de fuite (première boucle)	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957
→ Amincissement moyen ($0.1 - 0.2 \text{ m. an}^{-1}$)	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957	1957
1) SCALPING partiel du tapis végétal	1987	1991	1990	1987	1976	1991	1991	1991	1991	1991	1970	1974	1976	1978
2) FAÇONNEMENT D'UN CHENAL de recouplement où le limon alluvial n'affleure pas de façon continue (ne fonctionne que pour des $Q \approx Q_b$)	1987	1991	1990	1987	1976	1991	1991	1991	1991	1991	1973	1974	1983	1987
3) CHENAL continu dans le pédoncule méandre passage charge en saltation Cuvette dans lit majeur (si épiciéas)	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1976	1978	1989	1991
4) PASSAGE de la charge de fond fonctionne pour des $Q \approx Q_{50}$ ou même moins détourne alors près de la moitié du débit	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1977	1990	1991	1991
5) ELARGISSEMENT DU CHENAL de recouplement (érosion latérale + mise en communication des moulles amont et aval - le chenal ne forme plus un point haut) Perte de compétence dans le méandre en voie d'abandon	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978	1978
6) Colmatage complet du méandre abandonné par du matériel fin (sable, limon)	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979

TABLEAU I : Synthèse des différents recouplements de méandre

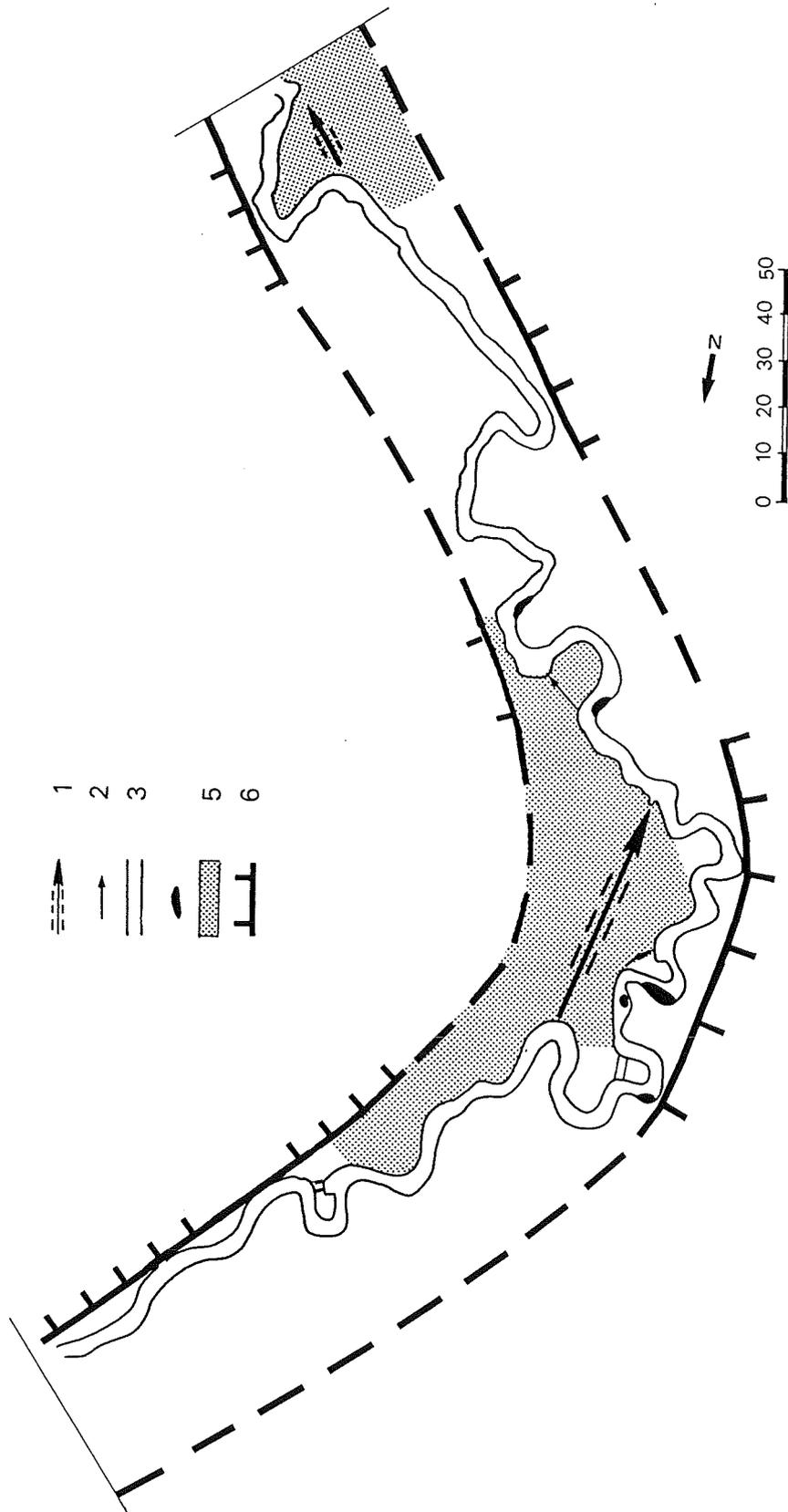


Figure 3:

Amplification des recoupements de méandres résultant des plantations de résineux

- 1) chenaux de recouplement individualisés dans les plantations de résineux;
- 2) court-circuit en période d'inondation;
- 3) chenaux de recouplement en condition naturelle;
- 4) phénomènes de recouplement secondaire (cf. PETIT, 1984);
- 5) plantation de résineux;
- 6) bas de versant et limite de la plaine alluviale.

Une synthèse des différents stades de recouplement des méandres étudiés et l'époque où ils ont été observés est présentée au tableau I, ce qui permet de cerner la vitesse des processus de recouplement.

Il apparaît bien que, en l'absence d'individualisation de chenaux, le recouplement est relativement lent.

Lorsqu'un chenal est individualisé suite au scalping du tapis végétal, l'accélération du processus de recouplement est évidente, spécialement à partir du moment où la charge de fond peut transiter par le chenal. Mais ce scalping du tapis végétal est un phénomène aléatoire lié à l'intervention des animaux fouisseurs, même s'il est étroitement conditionné par le régime hydrologique et la fréquence des débits d'inondation. Sur les quinze méandres étudiés, nous n'avons observé l'initialisation de ce phénomène de scalping qu'à une seule reprise, au cours de la période 1973-1979 qui, comme nous l'avons vu, était anormalement sèche. En revanche, nous avons observé l'initialisation de ce phénomène à quatre reprises au cours de la période 1980-1990, période qui a vu un accroissement sensible de la fréquence du débit à pleins bords.

4. Evolution et conséquences des recouplements sous résineux

Les observations reprises dans la synthèse ci-dessus démontrent bien le rôle protecteur du tapis végétal, déjà mis en évidence dans d'autres études (ZIMMERMAN et al., 1967; BERGERON & ROY, 1985). De ce fait, lorsqu'il y a plantation de résineux dans le lit majeur, le scalping du tapis végétal n'est plus une condition nécessaire à l'individualisation des chenaux, puisqu'il y a absence de toute strate herbacée protectrice et, comme cela apparaît bien à la Fig. 2, l'individualisation des chenaux peut se faire beaucoup plus facilement. Ce processus est même amplifié étant donné le type d'enracinement des épicéas. Les racines traçantes disposées quasi horizontalement provoquent en effet de petits déversements en période d'inondation, ce qui permet le façonnement de petites cuvettes dans le lit majeur qui, par érosion régressive, deviennent finalement coalescentes et forment ainsi un chenal continu.

Nous avons eu l'occasion de suivre l'évolution de deux chenaux de recouplement liés à la présence d'épicéas. Le premier initialisé en 1981 affecte un méandre complet, le second datant de 1987, affecte un ensemble de quatre méandres.

Nous avons tenté une évaluation des conséquences résultant de l'individualisation des chenaux de recouplement, dans des conditions naturelles d'une part, dans les conditions de plantation de résineux d'autre part. Pour ce faire, nous avons comparé, dans un long tronçon de rivière où les différents processus agissent, le tracé initial de 1973 (où il n'y avait encore aucun recouplement), le tracé résultant des seuls recouplements naturels et le tracé résultant des recouplements liés aux plantations d'épicéas (Fig. 3). Certains paramètres quantitatifs ont été individualisés tels que l'indice de sinuosité (rapport entre la longueur réelle du cours de la rivière et la longueur suivant l'axe de la vallée) ou encore le nombre de seuils et de mouilles (tableau II). On constate que la longueur totale du tracé et donc, l'indice de sinuosité, sont peu affectés par les seuls recouplements naturels, mais que cette réduction est très nette suite aux recouplements en cours liés à la présence des épicéas. Il en est de même en ce qui concerne les paramètres morphologiques.

TABLEAU II:

Evolution du tracé et de certains indices morphologiques suite aux recouplements naturels et ceux liés aux plantations de résineux.

	Longueur totale	indice de sinuosité	Nombre de mouilles	Nombre de seuils	Nombre de sites d'accumulation en rive convexe
A	607 m	1.79	59	45	23
B	559 m	1.64	54	39	21
C	440 m	1.29	37	21	14

A = cours avant tous les phénomènes de recouplement

B = cours après les phénomènes de recouplement naturel (non liés aux plantations d'épicéas)

C = cours après tous les phénomènes de recouplement

Ce type de modification entraîne au moins deux conséquences négatives:

- Les méandres se caractérisent par une diversité de formes, principalement alternance entre seuils et mouilles ainsi que la présence de zones de calme et de contre-courant qui sont des sites privilégiés d'accumulation. Ces formes se différencient par leur substrat — granulométrie du matériel du fond, fréquence d'immersion — mais aussi par les conditions d'écoulement telles que les vitesses du courant. Cette diversité de formes contribue à assurer un éventail de conditions de vie, tant pour la flore (HASLAM, 1978; PETIT & SCHUMACKER, 1985; DETHIOUX, 1987) que pour la faune aquatique (CUINAT, 1976) et il existe d'ailleurs une relation entre la diversité des formes et la productivité de ces espèces (STANER, 1975; PHILIPPART, 1989).

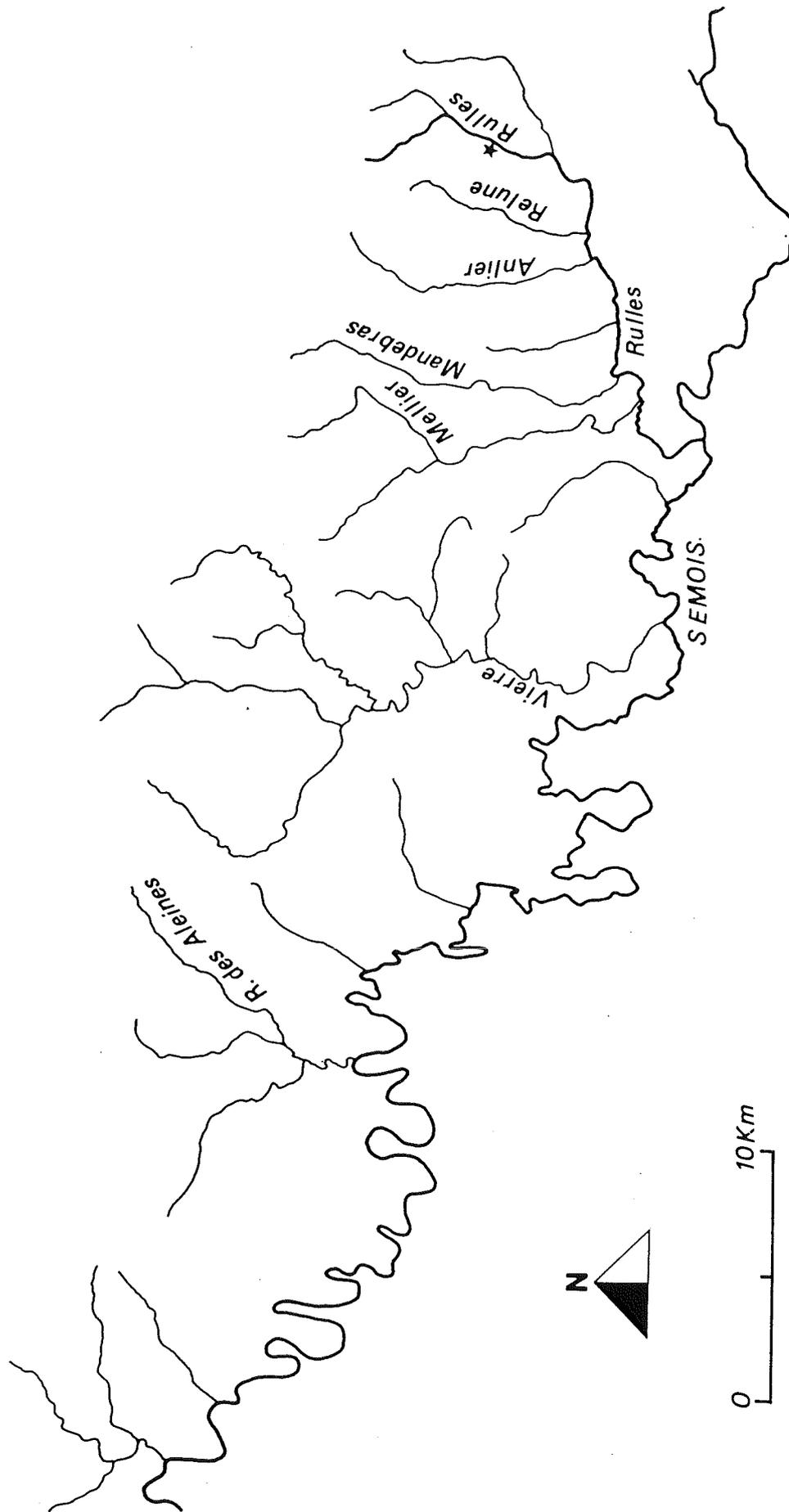


Figure 4:

Réseau hydrographique de la Rulles et de la Semois. L'étoile permet de localiser les secteurs étudiés en forêt d'Anlier.

Mais lorsque à la suite d'un recouplement, un méandre est abandonné, nous avons vu qu'il était progressivement colmaté par du matériel fin, de sorte que l'on assiste à une uniformisation des conditions de substrat et des conditions d'écoulement, et même à la disparition totale de la forme, ce qui contribue à un appauvrissement quant à la variété des sites d'habitat.

TABLEAU III:

Valeurs des coefficients de rugosité de Manning (n) dans les secteurs rectilignes et les secteurs à méandres

	Secteur rectiligne		Secteur à méandres	
	Mouille	Seuil	Mouille	Seuil
$< Q_{50}$	0.194	0.178	0.341	0.297
Q	0.105	0.094	0.182	0.171
Q_b	0.102	0.089	0.136	0.112
Q_{an}	0.079	0.077	0.106	0.083

Q_{50} = débit médian, Q = débit moyen, Q_b = débit à pleins bords, Q_{an} = crue annuelle;

R_h = rayon hydraulique; S_c = pente de la ligne d'énergie; V = vitesse moyenne; $n = \frac{R_h^{2/3} S_c^{1/2}}{V}$

• De façon générale, il est bien établi que les méandres représentent un frein à l'écoulement du fait de la pente d'énergie résultant des frictions internes du courant liées aux variations latérales des vitesses du courant, à la présence de zones de contre-courant et à l'organisation des composantes transversales du flux en cellule secondaire à axe horizontal (BATHURST, et al. 1979; PETIT, 1989). D'autre part, le développement de la végétation aquatique et subaquatique est plus poussé dans les méandres, ce qui contribue évidemment à entraver l'écoulement (WATTS & WATTS, 1990; THORNE, 1990). Ces différents aspects ressortent bien du tableau III, où sont reportées les valeurs du coefficient de rugosité de Manning calculé pour différents débits, dans des secteurs rectilignes et des secteurs à méandres. Ce coefficient qui permet de quantifier la rugosité et donc en quelque sorte le frein à l'écoulement, est systématiquement plus important dans les tronçons à méandres.

D'autre part, comme il ressort du tableau IV, les pentes du plan d'eau sont nettement plus importantes dans les tronçons à faible sinuosité que dans le secteur où les méandres sont bien développés, ce qui rejoint d'ailleurs le modèle proposé par SCHUMM (1968).

Enfin, à la suite du recouplement étudié dans un des secteurs, nous avons noté que la pente moyenne du plan d'eau était passée de 0.20 % à plus de 0.30 % sur l'ensemble du secteur.

Ainsi, la réduction du nombre des méandres, et donc la rectification du tracé résultant des plantations de résineux, favorise une accélération de la transmission du flux vers l'aval. Ce type d'évolution, si elle était généralisée à l'ensemble des tributaires d'un bassin, pourrait avoir des conséquences graves sur les zones situées plus en aval, spécialement lors des forts débits et aboutirait notamment à un accroissement de la fréquence des inondations.

TABLEAU IV:

Pente du plan d'eau dans les secteurs rectilignes et les secteurs à méandres.

Indice de sinuosité	Pente du plan d'eau en %	Pente de la plaine alluviale en %
1.05	0.42	0.45
1.82	0.18	0.31
1.55	0.25	0.34
2.08	0.26	0.49

Or, si l'on considère la disposition du réseau hydrographique de l'ensemble du bassin de la Rulles (Fig. 4), on remarque que cette rivière draine la retombée méridionale de l'Ardenne et reçoit une série de petits affluents tels la Relune, la Mandebbras, la Mellier... affluents de petites dimensions où nous avons pu vérifier qu'agissent des processus semblables à ceux mis en évidence dans la Rulles et où une part non négligeable des fonds de vallée ont été plantés en résineux (près de 40%) dans le cas de la Rulles en forêt d'Anlier, plus encore dans certaines autres rivières.

Par ailleurs, on note une disposition assez semblable du réseau hydrographique à l'échelle de l'ensemble du bassin de la Semois. On pourrait donc s'attendre à une modification du régime hydrologique de ces rivières, spécialement en période de crue. La preuve d'une telle modification pourrait être établie de façon indéniable par l'analyse du régime des crues à l'exutoire. Rappelons toutefois que les processus liés aux plantations de résineux

sont encore à un stade incipient et qu'ils n'ont peut-être pas encore de répercussions mesurables. Par ailleurs, il faut être conscient que d'autres facteurs concomitants entrent en ligne de compte (urbanisation croissante, rectification anthropique de la Semois supérieure...) facteurs dont l'influence, difficilement quantifiable, risque probablement de masquer l'impact du phénomène lié aux plantations de résineux dans les têtes du bassin hydrographique.

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements au Professeur J. ALEXANDRE et au Professeur A. PIS-SART qui ont bien voulu relire cet article et nous faire part de leurs remarques.

Bibliographie

- BATHUST, J.C., THORNE, C.R. & HEY, R.D., 1979 - *Secondary flow and shear stress at rivers bends* - J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 105: 1277-1295.
- BERGERON, N. & ROY, A., 1985 - *Le rôle de la végétation sur la morphologie d'un petit cours d'eau* - Géographie physique et Quaternaire, 34(1): 323-326.
- CHARLIER, C., 1970 - *La plaine alluviale de la Haute Amblève*. - Mém. Lic. Sc. Geog. Univ. Liège, inédit, 174 p.
- CUINAT, R., 1976 - *Les exigences des poissons dans nos eaux courantes* - La technique de l'eau et de l'assainissement, 13-31.
- DETHIOUX, M., 1987 - *Contribution à l'étude des cours d'eau de Wallonie* - Notes techniques du Centre d'Ecologie forestière et rurale. fac. Sc. Agron. Gembloux. 54 p.
- HASLAM, S.M., 1978 - *River plants. The macrophytic vegetation of watercourses* - Cambridge University Press, 356 p.
- MASSON, M.H., 1971 - *Contribution à l'étude de la dynamique fluviale de la Lienne* - Mém. Lic. Sc. Géog., Univ. Liège, inédit, 95 p.
- MOLITOR, N., 1991 - *Méandres, régime hydrologique et végétation de la rivière Schwalm (plateau d'Elsenborn, Belgique)* - Mém. Lic. Sc. Géog. Univ. Liège, inédit, 178 p.
- PETIT, F., 1983 - *Les processus de façonnement en milieu naturel du lit d'une rivière à sédiments limono-caillouteux. La Rulles en forêt d'Anlier* - Thèse Doc. Sc. Geog. Univ. Liège, inédit, 648 p.
- PETIT, F., 1984 - *Les processus contrôlant l'évolution du tracé d'une rivière ardennaise* - Z. Geomorphol., Suppl. Bd. 49: 95-109.
- PETIT, F., 1987 - *The relationship between shear stress and the shaping of the bed of a pebble-loaded river* - (La Rulles - Ardenne), Catena, 14(5): 453-464.
- PETIT, F., 1988 - *Phénomènes influençant la mise en mouvement et le transport des particules en rivières naturelles* - Z. Geomorphol., 32(3): 299-310.
- PETIT, F., 1989 - *Evaluation des critères de mise en mouvement et de transport de la charge de fond en milieu naturel* - In Rivières: formes, processus, milieu de vie. Bull. Soc. Géog. Liège, 25, 91-111.
- PETIT, F. & SCHUMACKER, R., 1985 - *L'utilisation des plantes aquatiques comme indicateur du type d'activité géomorphologique d'une rivière ardennaise. Colloques phytosociologiques XIII, Végétation et Géomorphologie* - GEHU Ed., 692-710.
- PHILIPPART, J.C., 1989 - *Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge* - In Rivières: formes, processus, milieu de vie. Bull. Soc. Géog. Liège, 25, 175-198.
- SCHUMM, S.A., 1968 - *River adjustment to altered hydrologic regimen - Murrumbidgee River and paleochannels. Australia*. - U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 598, 65 p.
- STANER, P., 1975 - *Curage et rectification des rivières ardennaises* - Parcs Nationaux, 30(1): 26-38.
- THORNE, C.R., 1990 - *Effects of vegetation on riverbank erosion and stability*. In Vegetation and Erosion, process and environments - THORNES, J.B. Ed. Wiley, 125-144.

- WATTS, J.F. & WATTS, G.D., 1990 - *Seasonal change in aquatic vegetation and its effect on river channel flow*. In *Vegetation and Erosion, process and environments* - THORNES, J.B. Ed. Wiley, 257-267.
- ZIMMERMAN, R.C., GOODLETT, J.C. & COMER, G.H., 1967 - *The influence of vegetation on channel form of small streams* - Intern. Assoc. Sc. Hydrol., 75, 255-275.

Questions / Réponses

Question: ROCHE, J.

Je suis très intéressé par ce genre de questions, lesquelles permettent de décrire l'évolution de la dynamique fluviale.

Ma question concerne non pas les observations, mais l'interprétation que l'on peut en faire, c'est-à-dire: peut-on mettre en évidence les modifications de la dynamique fluviale avec soit des paramètres climatiques, soit d'occupation de l'espace, notamment les grands défrichements qui ont eu lieu au Moyen Age, par exemple?

Réponse: PETIT, F.

Oui, c'est le cas.

Il est par exemple très clair, si je reprends par le début, que pour les périodes du Quaternaire, ce sont uniquement des paramètres climatiques qui ont joué. Par la suite, au niveau de la période gallo-romaine, on peut considérer que les défrichements importants n'ont pas encore eu lieu. Ceux-ci vont commencer à peu près au Moyen Age et se développer par la suite. Si je m'en réfère au tableau évoquant les trois fossiles du 12^{ème} siècle, en période du Moyen Age, là, on aurait pu avoir effectivement des modifications, suite par exemple à des défrichements sur le bassin versant. Il se fait que la rivière étudiée se situe en forêt d'Anlier, laquelle a été, pour différentes raisons historiques et d'appartenance à différentes familles, relativement préservée pendant et à travers tout le Moyen Age. On peut donc exclure la partie ayant fait l'objet de l'étude, des terrains ayant été soumis à des défrichements. Il n'en est plus de même pour les études qui ont été faites avec les scories et les billes métalliques. Nous sommes au milieu du 13^{ème} siècle, on voit que l'accumulation des limons de crue dans la plaine alluviale est extrêmement importante et atteint deux mètres en général. Là effectivement, on pourrait faire intervenir une cause anthropique. Ce défrichement important, cette déforestation en quelque sorte, des différents sites, notamment pour entretenir cette industrie du fer et pour une mise en culture, cette déforestation va provoquer une érosion sur les versants, avec un afflux de matériel relativement fin qui va se reconcentrer dans les plaines alluviales des rivières les plus importantes. Donc là, il y a plus que probablement une influence humaine.

Par ailleurs, l'influence climatique a été très bien montrée, par exemple, dans les rivières des Alpes, notamment par les études menées à Lyon, où l'on a observé une modification radicale de la dynamique des rivières lors de la petite Période glaciaire, alors que celle-ci se marque, très peu au niveau de la Belgique. Par exemple, SUTOR a mené des études de géographie historique notamment sur la Meuse, pour des problèmes de navigabilité au départ, mais il s'est penché sur des points extrêmement importants tels que la présence de gués. Cette présence de gués est fort importante dans les périodes, des guerres de Louis XIV, napoléoniennes, etc., parce que ce sont des endroits où les troupes peuvent traverser les cours d'eau. On conçoit tout de suite l'importance stratégique qu'il y a d'avoir une très bonne cartographie de ces gués pour pouvoir faire des mouvements de troupes. Une des conclusions de SUTOR, c'est qu'effectivement les gués ont très peu bougé depuis des périodes relativement anciennes, dont le Petit Age glaciaire, qui s'est très peu marqué au niveau du tracé de la Meuse. Les alternances entre seuils (le gué étant d'un point de vue géomorphologique, un seuil) et zones de profondeur ont été fort bien répertoriées pour la navigation. Celles-ci ont également subi relativement peu de modifications dans leur espace-ment et disons, dans "l'engraissement" des différents seuils.

Question: DUPONT, Ph.

Ce ne sera pas une question mais simplement une remarque. Je suis très content qu'on ait eu un exposé de ce type-là aujourd'hui. Personnellement, je pensais que la géomorphologie depuis le début de la session était un petit peu oubliée et c'était dommage; je me réjouis par conséquent que cet exposé ait été très intéressant. Je reste en effet persuadé que l'approche des géomorphologues et des géographes d'une façon plus générale, peut nous apporter énormément dans les problèmes de gestion de rivière auxquels nous sommes confrontés. Je crois que c'est quelque chose aujourd'hui qui est vraiment sous-estimé. En France, nous travaillons exclusivement avec des hydrauliciens. Or, l'analyse historique du système nous permet de nous projeter dans l'avenir, ce qui nous permettrait de définir beaucoup mieux les modalités de gestion à mettre en oeuvre sur nos rivières. Je voulais attirer l'attention sur ce point là.