

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE DE LA LIENNE (1)

M.H. MASSON

(Chercheur au Centre National de Recherches Géomorphologiques — UCL)

SUMMARY: The Lienne is characterized by the great instability of the configuration of its meanders. As a result of this, the discharge curves are difficult to establish.

The dynamics of flow and of sediment movement depend on the river stage. There is rapid sedimentation on the point-bars during the flood periods, the resulting deposit being poorly sorted. With falling water level, after the flood, the sediments are sorted and spread out towards the convex bank. They form sheets with progressive lateral change in grain size: coarser in the deeper parts to finer on the point bar.

The great instability of the meanders results from rapid modification of the banks and the mobility of the sediments. The currents responsible are simultaneously lateral, ascending, and counter the principal current. They result from pressures caused by the shearing action of the mass of water forming the principal flow against the surrounding water masses during flow through the meander. Thus, it is not always the principal current which is responsible for the erosion of the concave bank.

Introduction

Le plus souvent, les études de dynamique fluviale résultent de l'analyse a posteriori des formes et des dépôts, desquels sont dégagées les données de l'évolution du lit des rivières. Le principe de notre recherche est différent. Il ne s'agit pas d'analyser les résultats d'une dynamique antérieure, mais de suivre pas à pas les variations même minimales du débit de la rivière, et de déceler leur influence sur les modifications des dépôts. Il s'agit donc d'analyser des processus en pleine évolution.

Un des résultats de notre travail est de montrer que, en dehors de grandes crues exceptionnelles, la plaine alluviale subit une évolution constante, discrète, mais importante au total.

La Lienne est un affluent de rive gauche de l'Amblève. Elle prend sa source sur le rebord

septentrional du plateau des Tailles. Depuis sa source jusqu'à son confluent à Lorcé, elle a incisé sa vallée dans des formations géologiques du Primaire. Suivant les différents types de roches traversées, la vallée se caractérise essentiellement par une succession de goulots aux versants raides, correspondant aux faciès résistants tels que les quartzites. De larges dépressions à versants surbaissés sont en relation avec les phyllades et les schistes.

Le régime de la rivière intervient de façon importante dans les processus dynamiques. Le débit est en rapport étroit avec l'intensité des précipitations, assez irrégulièrement réparties. Les éléments topographiques et pédologiques offrent une faible capacité de rétention du bassin versant. Une part importante du bilan hydrologique doit être attribuée au ruissellement. Les orages, la fonte des neiges, déterminent des hausses de débit brutales et des crues importantes, rapidement transmises d'amont en aval.

Ces fluctuations sont déterminantes dans les

(1) Monsieur le Professeur SERET a dirigé le travail et a bien voulu relire le texte. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude.

processus d'accumulation et d'érosion de la rivière. Elles sont connues grâce aux levés limnimétriques de la GIREC et limnigraphiques du Ministère des Travaux Publics. Elles sont responsables d'autocurages localisés selon la configuration du lit, et qui faussent les tentatives d'établissement des courbes de jaugeage. Des dépôts accumulés en vrac lors des crues au droit des méandres, et très progressivement érodés lors des décrues, modifient sans cesse la situation et le niveau des seuils et des mouilles. La position du plan d'eau n'est donc pas seulement liée aux variations de débit.

La Lienne est très turbulente. Elle doit cette turbulence à sa pente longitudinale relativement forte, à son cours sinueux et à la grande rugosité de son lit parsemé de nombreux obstacles: barrages, souches, seuils de roche en place, gros cailloux de quartzite qui sont l'héritage d'une Lienne pléistocène très différente.

De nombreux endiguements affectant le tracé de la rivière, il a fallu sélectionner au préalable les échantillons les plus représentatifs de son évolution actuelle dans des conditions aussi naturelles que possible.

Une cartographie de détail a d'abord été entreprise au 1/250e sur un canevas levé au théodolite. La carte figure schématiquement les différents types de dépôts. En outre, à chaque levé en plan est associé un système de profils transversaux du lit de la rivière. Ces profils sont toujours exécutés aux mêmes endroits et rapportés à des repères inchangés, ce qui en permet une comparaison aisée. Ces documents ont permis d'étudier de façon relativement complète et continue l'évolution du lit mineur de la rivière et celle de ses dépôts en fonction des fluctuations du niveau de l'eau, de leur brutalité, de leur intensité.

Evolution des dépôts

Les autocurages incessants de la Lienne n'ont pas encore permis d'établir des courbes correctes de débit. Cette donnée est dès lors remplacée par un chiffre exprimant, pour chaque série de mesures, la distance verticale séparant le plan d'eau d'un point repère fixe.

Le repère, situé à l'aval du secteur étudié, est matérialisé sur un tronç d'arbre dominant la rivière, dans une section rectiligne du lit. Ce site est épargné par les alluvionnements. Les positions successives du plan d'eau sont donc en liaison directe avec les fluctuations du débit. Les observations expriment systématiquement les modifications de l'aspect des sédiments, notamment la granulométrie, le type et l'orientation des ripple-marks, l'accumulation, l'érosion, la position, leur allure en plan et en coupe, et l'évolution permanente de cette allure.

Une assez longue série de dépôts a d'abord été retenue, analysée et cartographiée. Des cailloux y ont été prélevés, peints en jaune et soigneusement remis en place sur le fond de la rivière. Par la suite, et malgré l'absence de fortes crues, de telles modifications sont survenues dans ces dépôts, qu'il devenait impossible de suivre pour tous l'évolution pas à pas et de façon complète. Un secteur à évolution particulièrement rapide a été seul analysé en permanence. Les autres, observés plus sporadiquement, devaient permettre d'établir des comparaisons, de dégager ensuite une tentative de généralisation.

A. Caractères du secteur analysé en permanence

Le secteur observé en permanence (fig. 1) est un train de deux méandres dont le second est en voie de recouplement. Le méandre amont est responsable d'un freinage des eaux qui s'accumulent au pied de la rive concave et peuvent déborder sur la rive convexe du méandre aval, si la crue est suffisante. Un petit exutoire de débordement s'est ainsi réalisé, qui s'approfondit petit à petit, amorçant un recouplement définitif. En deux années d'observations, l'incision de l'exutoire s'est accentuée. En crue, il ne subsiste de l'ancienne rive convexe qu'une île isolée par le chenal de recouplement et le lit principal. Les sédiments étudiés se situent dans le prolongement aval de l'île, où la rivière édifie une ride grossièrement parallèle au courant principal et dont l'évolution a été suivie en permanence.

LEGENDE



limon



sable



cailloux
0,5-2 cm



2-6 cm



cailloux >6 cm
pavant le fond
du lit.



courant d'eau
principal.



courant d'eau
transversal.

niveau de l'eau : 112 cm
étiage.

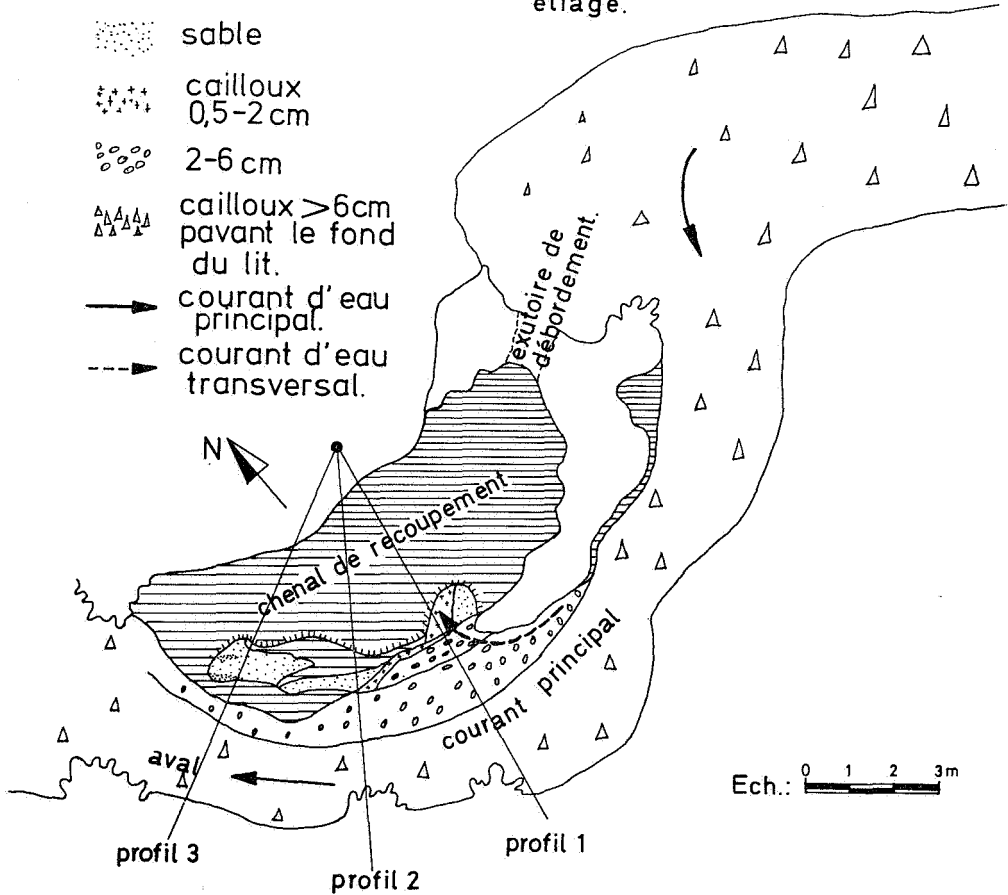


Fig. 1.

B. Faciès successifs de la ride

1. Etiage

L'étude a débuté lorsque le niveau de l'eau était très bas, c'est-à-dire 112 cm sous le point repère, contre 60 cm lors des plus fortes crues enregistrées au cours du travail. Le niveau était alors trop bas pour permettre le fonctionnement du chenal de recouplement. Ce dernier d'ailleurs, était à peine incisé. La ride émergeait amplement sur 5 mètres de longueur et plus ou moins 1,50 mètre de largeur (fig. 1). Les profils transversaux levés à ce moment montrent la ride très étalée et à

sommet légèrement bombé. Elle est recouverte de formations dont la granulométrie diminue de l'amont vers l'aval. A l'amont, ce sont des galets de schiste dont la dimension est de 2 à 6 cm. L'orientation de leur grand axe est oblique par rapport au courant principal. L'aval est constitué de sable. La transition entre le sable et les galets est une petite plage de plaquettes de schiste de l'ordre de 0,5 à 2 cm.

Pendant toute la période de basses eaux, l'évolution de la ride semble arrêtée dans son ensemble, sauf à l'amont, à l'endroit de son ancrage à l'île. Ici, le sommet de la ride est surbaissé, ce qui permet à un filet d'eau

transversal émis depuis le courant principal, de la franchir, et de s'écouler vers le chenal de recouplement. L'action de ce filet est double. Il prend en charge les plaquettes de schiste sur le flanc de la ride situé du côté du courant principal de accumule sur l'autre flanc un petit cône constitué de foreset beds de courant. Le filet d'eau qui recoupe transversalement l'amont de la ride est trop faible pour prendre en charge les galets de 4 à 6 cm. En prélevant la fraction plus fine, il modifie toutefois la disposition de ces galets dont le grand axe devient de plus en plus oblique par rapport au courant principal.

En outre, à l'aval, le flanc de la ride atteint par la rivière est soumis à une oscillation de l'eau, ce qui détermine l'édification de ripple-marks d'oscillation.

En bref, aux basses eaux, la ride émerge. L'action que la rivière y exerce est très réduite. Des ripple-marks d'oscillation s'édifient à l'aval. A l'amont, un chenal surbaissé est traversé par un filet d'eau qui remanie la disposition des galets et accumule un petit cône.

Des cailloux prélevés transversalement sur le lit de la rivière, à hauteur de la ride, et enduits de couleur jaune très voyante sous

eau, ont été soigneusement remis en place. Le but est de suivre leur trajet lors des crues.

2. Crue

L'évolution de la ride lors des crues n'a pas toujours pu être cartographiée avec autant de précision qu'à l'étiage ou lors de la décrue. La très forte turbulence des eaux et leur charge en troubles interdisaient toute observation directe de la nature des sédiments.

Le chenal de recouplement ne fonctionnait qu'à l'occasion des crues les plus importantes. Or son fonctionnement influençait le type de sédimentation. Il faut donc distinguer les petites crues sans recouplement de méandre et les crues les plus fortes, avec recouplement.

a. Crue sans recouplement du méandre

Dès l'amorce de la crue, la ride change d'aspect. Un apport essentiellement sableux, constitué surtout de paillettes de schiste de 1 à 3 mm, s'accumule au sommet de la ride, lui conférant un profil transversal nettement convexe (fig. 2). Le sommet convexe résulte plus d'éléments très petits prélevés sur le flanc gauche de la ride que d'apports depuis l'amont. La croissance de la ride accompagne

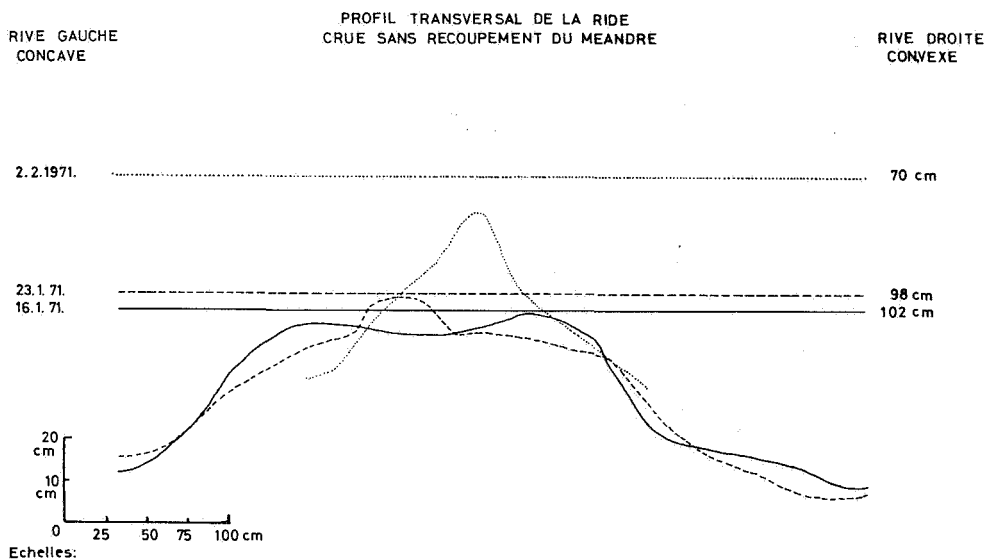


Fig. 2.

la montée de l'eau de sorte que son sommet reste en permanence une zone de haut-fond.

Au sommet de la ride, à l'amont, l'accumulation correspond à un matériel de gros sable bien trié. Vers l'aval, le classement est au contraire de plus en plus médiocre. Au sable, se mélangent des plaquettes de schiste de 0,5 à 2 cm environ.

b. Crue avec recouplement du méandre

Comme dans le cas précédent, le processus de l'accumulation suit la montée des eaux. Cependant, la surface de l'eau atteignant un niveau plus élevé, le chenal de recouplement devient fonctionnel. De cette manière, la ride est de part et d'autre longée par un courant d'eau turbulent. Les deux flancs de la ride sont alors le siège d'une érosion, tandis qu'une accumulation sableuse se produit sur le sommet. Le profil transversal de la ride est alors nettement asymétrique, la pente raide se situant du côté du chenal de recouplement (fig. 3). Le flanc situé face au chenal de recouplement subit le plus de modifications car du matériel fin s'y est abondamment accumulé aux basses eaux. L'érosion plus intense d'un des deux flancs se traduit par une migration latérale de la ride vers le courant principal.

Quelle que soit l'importance de la crue, avec ou sans recouplement du méandre, le flanc gauche de la ride est, vers l'amont, le siège d'une sédimentation grossière. Le matériel est constitué d'un mélange de sable et de débris de schiste de plusieurs cm de grand axe. L'orientation de ce grand axe montre qu'une majorité d'éléments sont disposés perpendiculairement à la direction du courant principal. En outre, une proportion moindre des débris de schiste est à 45° environ de cette disposition (fig. 4).

3. Décrue

Lorsque s'amorce la décrue, l'eau devient à nouveau transparente. Il est possible de suivre en détail l'évolution de la ride et en particulier des sédiments qui la constituent. Deux étapes bien distinctes marquent cette évolution. La disposition des sédiments est d'abord influencée à la fois par le courant principal et par celui qui emprunte le chenal de recouplement. Ensuite, la baisse du niveau de l'eau assèche l'exutoire de débordement, et les sédiments sont à nouveau remaniés par les seuls émissaires du courant principal. Au début de la décrue, le sommet de la ride est

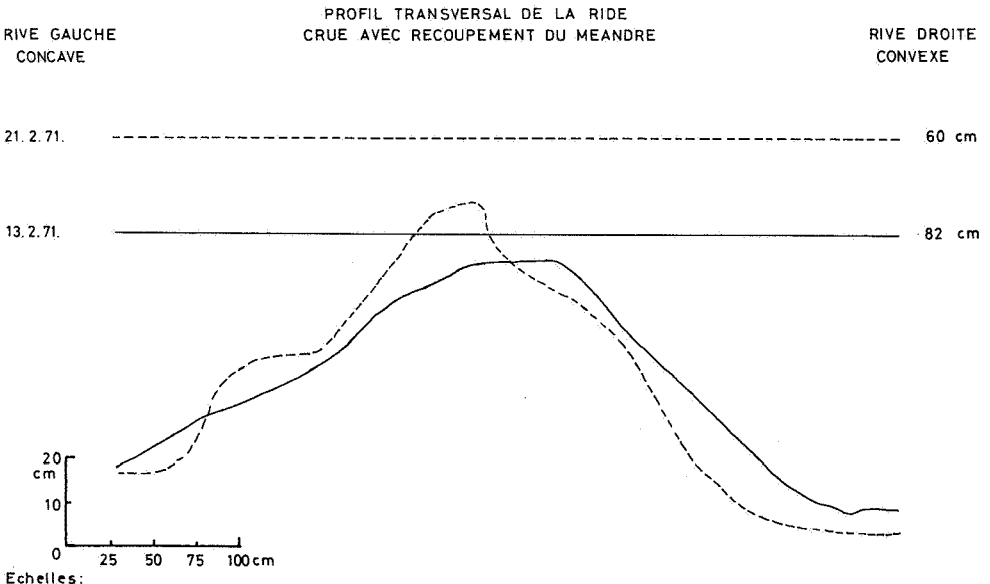


Fig. 3.

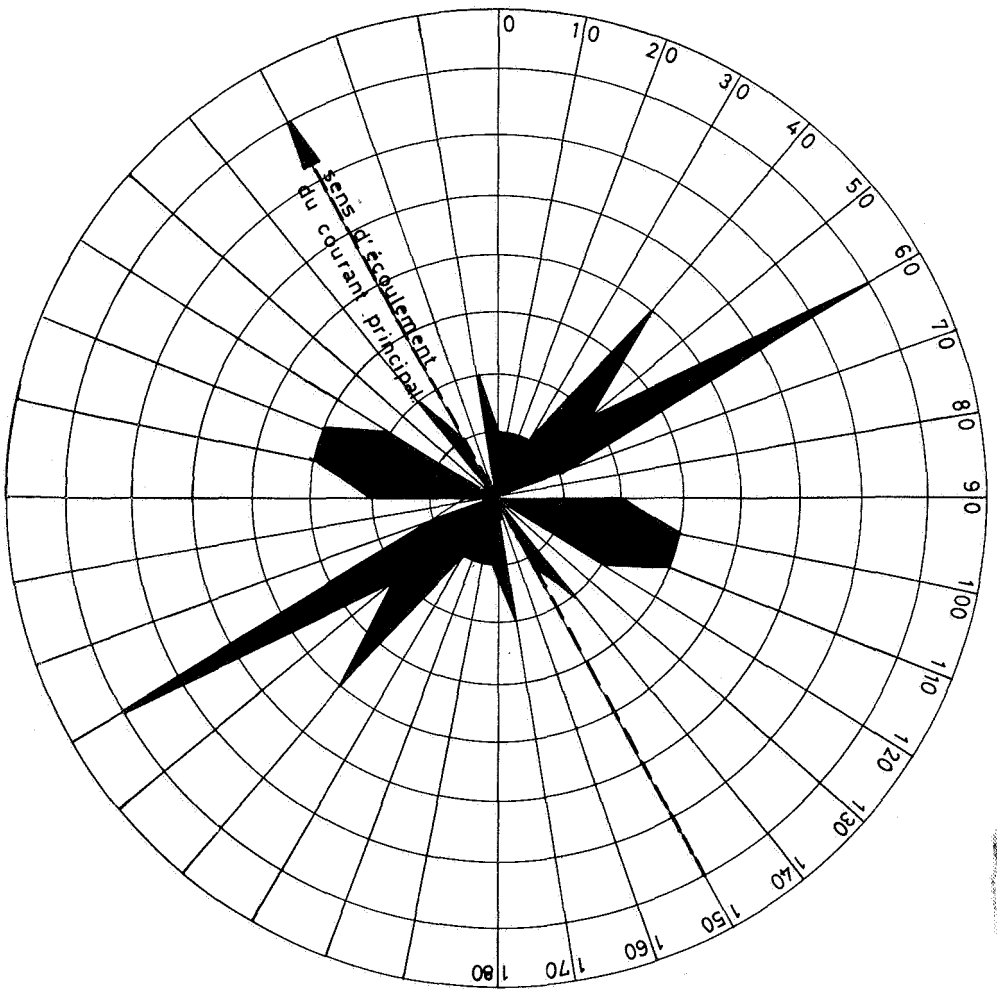


Fig. 4. Mesure effectuée sur 33 cailloux amont de la ride.
14.11.1970 hautes eaux.

un haut-fond à peine immergé par la Lienne. La baisse progressive du niveau d'eau n'aboutit cependant pas à l'émergence de la ride dont le sommet subit un aplanissement lié à la turbulence de surface de la rivière. L'érosion du sommet de la ride se traduit par un étalement des sédiments (fig. 5). Un classement excellent résulte de cette dynamique de surface.

Tant qu'il fonctionne le chenal de recouplement, l'étalement de la ride s'accompagne d'une distribution des sédiments en trois plages granulométriques distinctes, constituées respectivement, d'amont en aval, de galets de

6 à 2 cm, de fin gravillon, et de sable. Sur le sommet et le flanc droit de la ride, la disposition des plages est assez nettement parallèle à l'axe du chenal de recouplement (fig. 6a).

Lorsque la rivière a suffisamment baissé, et que le courant n'atteint plus le chenal de recouplement, celui-ci est occupé par de l'eau à peu près stagnante, non turbulente. La disposition des sédiments se modifie. L'étalement de la ride s'effectue perpendiculairement au courant principal, et à partir de celui-ci, en trois plages à granulométrie décroissante. L'étalement envahit le chenal de recouplement de matériel fin (fig. 6b). Nous savons qu'après

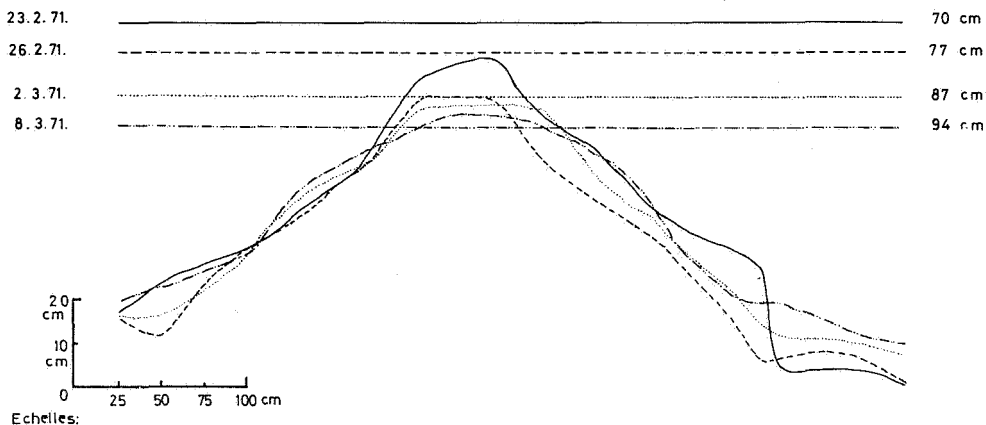


Fig. 5.

la crue, les cailloux se disposaient avec leur grand axe perpendiculaire au courant principal. Après la décrue, ils ont subi une rotation. Le grand axe devient oblique, disposition qui pourra s'expliquer par l'analyse des courants de fond (fig. 7).

Au plus fort de la crue, la ride avait migré vers le courant principal. A la décrue, elle revient à sa position initiale, vers le chenal de recouplement.

En conclusion, le résultat d'une crue est l'accumulation d'une ride parallèle au courant principal, ancrée à la rive convexe de la rivière. Il s'agit d'un dépôt épais, peu classé. Lors de la baisse progressive du plan d'eau, à la décrue, la ride subit une érosion constante, qui l'étale vers le chenal de recouplement. Sur la ride, la répartition granulométrique des sédiments acquiert un classement excellent.

C. Dynamique de l'écoulement de l'eau: les courants

L'observation du mouvement des algues dans l'eau, de la disposition prise par le saumon du moulinet à divers endroits du méandre et de rubans fixés à une tige rigide

plongée à différentes profondeurs, révèle que le mouvement vers l'aval de l'eau résulte en réalité de courants multiples, d'intensités et d'orientations très variées. L'orientation et la vitesse des courants dépendent du site des observations dans le méandre, de la distance verticale depuis le lit de la rivière et du comportement en crue ou en décrue de la Lienne.






En crue

Dans l'axe du chenal principal, le courant est très turbulent et assez bien parallèle à cet axe. Sa vitesse linéaire diminue avec la profondeur, ce qui correspond bien aux données classiques de la littérature.

Vers la ride, c'est-à-dire la rive convexe, la direction reste identique en surface. A proximité du fond, un courant légèrement oblique peut être décelé. Il s'agit d'une mince tranche d'eau qui rampe sur le fond puis le flanc gauche de la ride, depuis l'axe du courant principal. Il peut être suivi jusqu'au sommet de la ride. La vitesse de cette tranche d'eau est nettement inférieure à celle des courants de surface.

La croissance de la ride en crue, déjà décrite ci-avant, est due à ce courant oblique.

LEGENDE

-  limon
-  sable
-  cailloux
0,5-2 cm
-  2-6 cm
-  >6 cm

11.10.1970
niveau de l'eau
104 cm

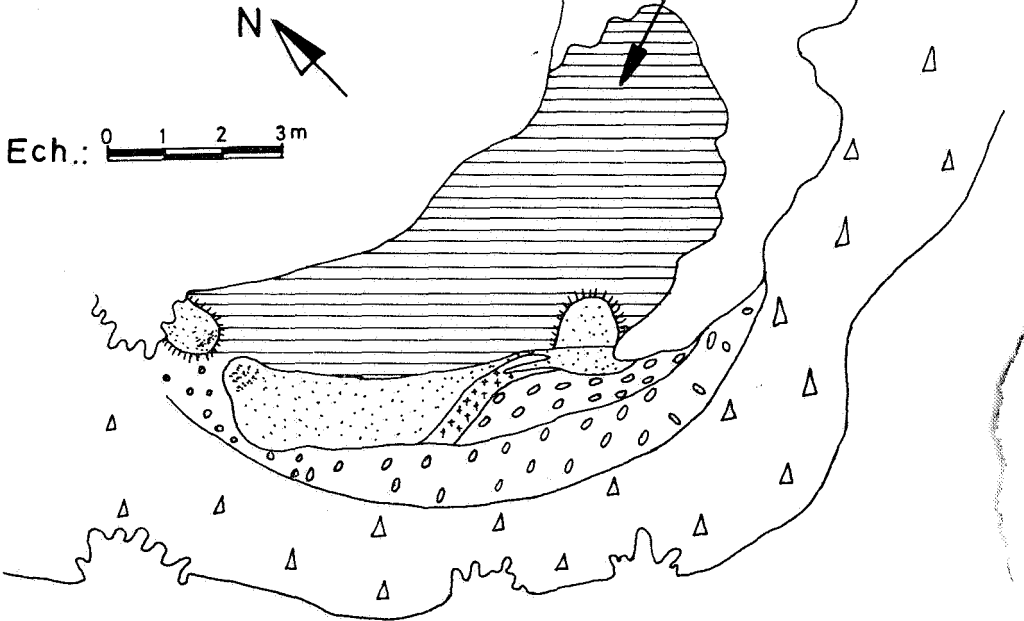


Fig. 6A. Décrue avec recouplement du méandre.







Des apports depuis l'amont sont piégés car le freinage sur le fond réduit le pouvoir de transport de l'eau. Les éléments sont dès lors portés vers le sommet de la ride par la reptation de ce courant sur le fond et son flanc.

La granulométrie grossière sur le flanc gauche à l'amont de la ride, témoigne d'une sédimentation assez brutale des éléments les plus volumineux. Le tri progressif, vers l'aval et le sommet de la ride, résulte d'un freinage de plus en plus net dans cette direction et d'une prise en charge sélective, efficace surtout pour les éléments de plus en plus fins.

Vers la rive concave, des courants de fond, comparables à celui de la rive convexe, peuvent être aisément décelés. Au pied de la rive, leur direction est très nettement perpendiculaire à l'axe du courant principal. Ils deviennent même ascendants, à la fois vers l'amont de la rivière, et vers la surface de l'eau qu'ils viennent crever par à coups, en bouillonnements assez turbulents. L'émission de ces courants ascendants est interrompue de périodes calmes. Le système est donc pulsatoire et semble répondre à une loi périodique.

Ce comportement de l'eau sur la rive con-

LEGENDE

-  limon
-  sable
-  galets
0,5 2 cm
-  2-6 cm
-  sens de
l'écoulement
-  galets
>6 cm

18.10.70.
niveau de l'eau 109 cm

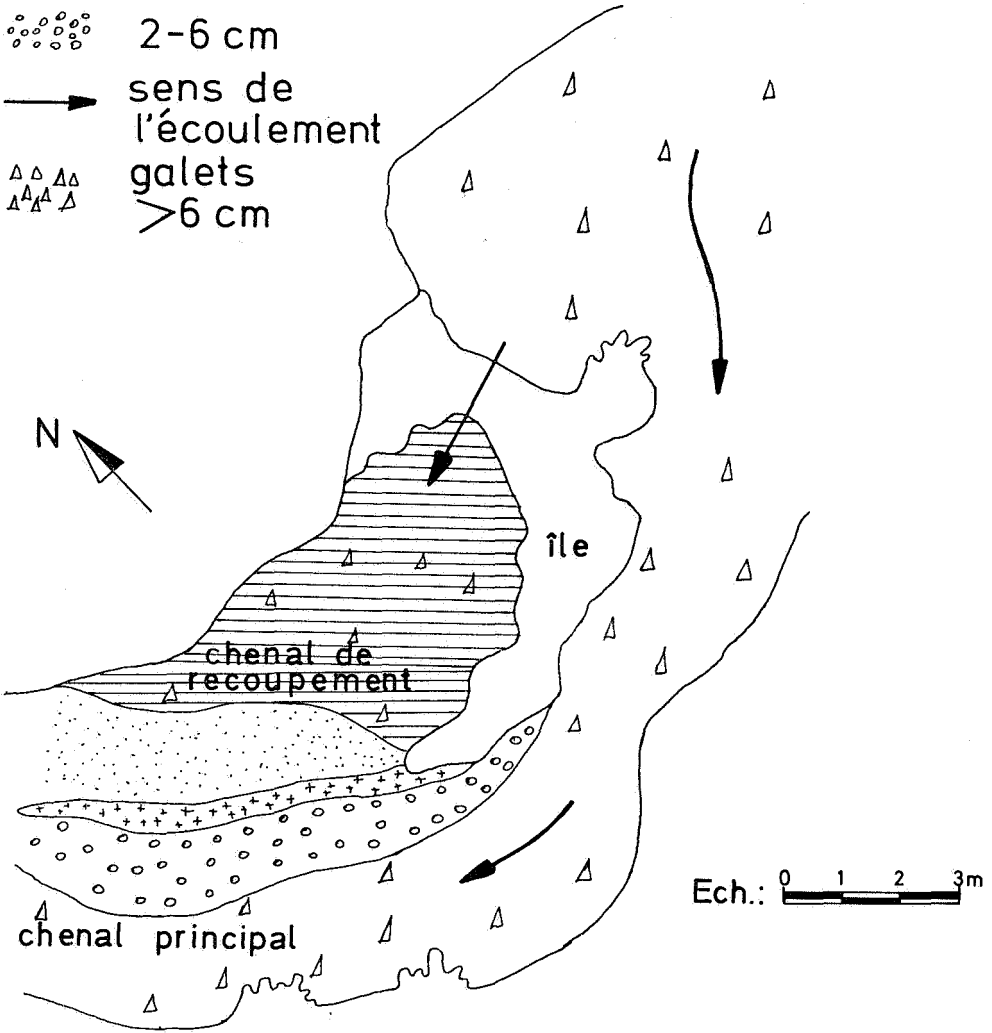


Fig. 6B. Décrue sans recouplement du méandre.

cave des méandres paraît général. Une masse d'eau à trajectoire ascendante et à contre-courants constitue un écran entre la rive et le courant principal. Son mouvement, et sa turbulence propre, périodiques, sont responsa-

bles du recul des rives concaves. Celles-ci ne sont donc pas toujours percutées directement par le courant principal, comme on l'admet habituellement.

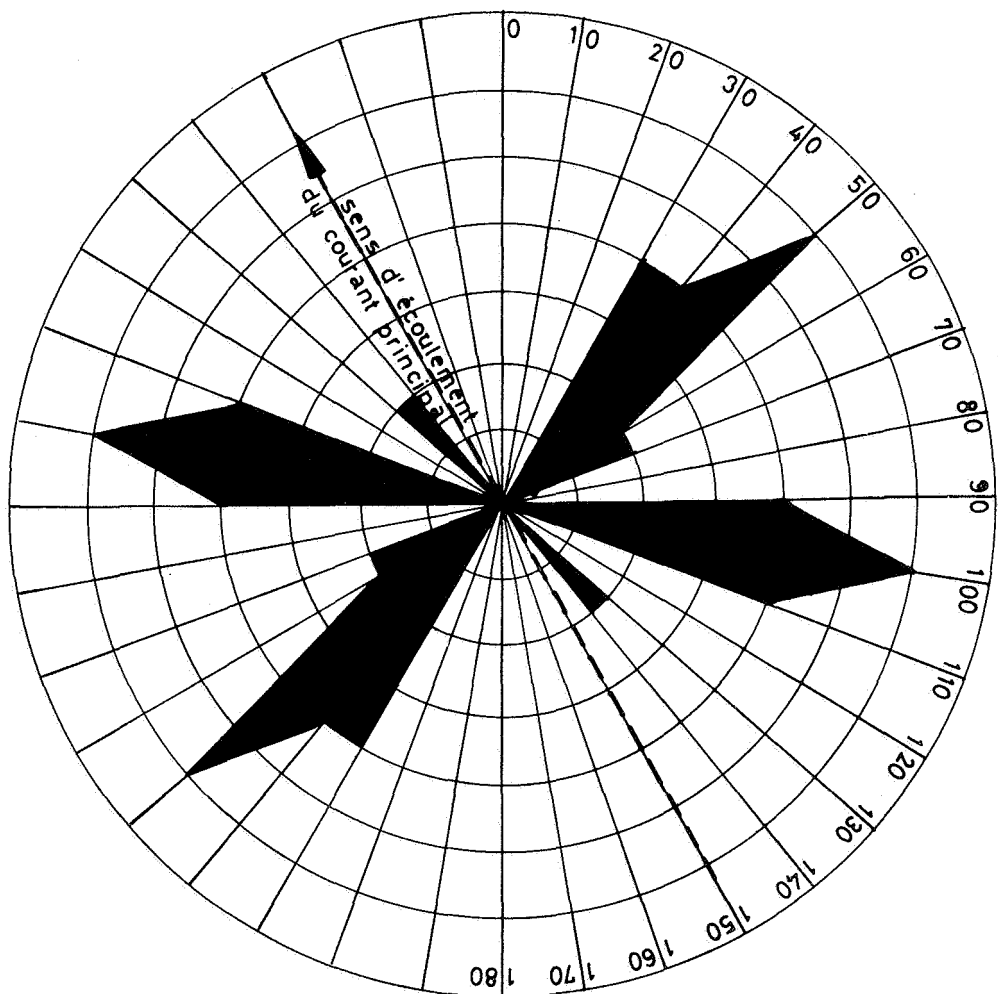


Fig. 7. Mesure effectuée sur 40 cailloux milieu de la ride.
13.2.1971. fin de décrue.

En décrue

En décrue, le courant principal perd de sa turbulence, mais ses directions d'écoulement ne subissent pas de modifications perceptibles. Le contre-courant vient saper la rive concave qui semble occupée par une masse liquide assez stagnante. Les bouillonnements ascendants ne sont plus apparents.

Du côté de la rive convexe et de la ride, les courants obliques peuvent être observés directement en surface. L'abaissement du plan d'eau, suivi de l'aplanissement du sommet de

la ride, laisse tout juste la place à une mince tranche d'eau qui vient du courant principal, rampe sur le fond du lit, le flanc de la ride et son sommet de plus en plus élargi.

La répartition granulométrique des sédiments de la ride, décrite plus haut, est le résultat des remaniements effectués par ce courant latéral oblique. Le classement s'améliore au fur et à mesure de la décrue. A l'amont de la ride, les plus gros cailloux ne peuvent plus être pris en charge. Ils constituent un dallage sur le fond. Déposés en position assez quelconque au moment de la crue, ils vont

subir à la décrue une rotation telle que leur grand axe tende à se placer perpendiculairement au sens des courants latéraux. Au fur et à mesure de la décrue, ces courants perdent de leur turbulence et deviennent incapables de déplacer les cailloux. En outre, la direction d'écoulement sur la ride devient graduellement plus perpendiculaire à l'axe du chenal principal. Les petits galets, les sables et les limons sont seuls prélevés et transportés vers le chenal de recouplement que n'atteindront que les éléments les plus fins. La formation de ripple-marks de courant et d'oscillation, et leur orientation, illustrent remarquablement cet apport transversal de sable par des courants latéraux émis depuis le courant principal.

Il résulte de ces observations que l'édification de la ride est due, tant en crue qu'en décrue, à l'activité des courants de fond latéraux et ascendants. L'accumulation est maximum au plus fort de la crue, et l'érosion de la ride, par étalement, survient en décrue. Sur la rive concave, le sapement des berges s'opère surtout au moment de la crue. Ici encore, ce sont seulement les courants latéraux et ascendants qui régissent l'érosion.

Origine des courants latéraux

La réalisation d'un nivellement très précis de la surface de la rivière montre notamment que, dans les méandres, un profil transversal est loin de correspondre à un plan horizontal.

Le niveau est le plus élevé à proximité de la rive concave que vers la rive convexe. Plus les crues sont importantes, plus la dénivellation est marquée. Pour la Lienne, des valeurs de 10 à 12 cm environ ont pu être notées. C'est à l'entrée amont des méandres que ce phénomène est le plus apparent. La limite séparant la zone d'eau la plus élevée et la zone la plus déprimée, correspond en surface au passage du courant principal. Entre cette limite et la rive concave sont confinées deux masses d'eau à comportement différent. L'examen direct des courants qui les affectent en témoignent. L'une des masses se localise au contact du courant principal. Elle est sous pression, car elle émet des courants latéraux et de fond. L'autre masse d'eau au pied des

rives est le siège de l'arrivée de ces courants latéraux. Ceux-ci sapent les rives concaves et apportent les sédiments sur les rives convexes.

Toute l'activité de la rivière, dans ses méandres, a finalement pour origine la masse d'eau mise sous pression. Ce sont en effet les courants latéraux qui sont à la fois responsables de l'érosion et de la sédimentation, et c'est leur régime qui explique les modifications des faciès sédimentaires de crue et de décrue.

L'origine des masses d'eau sous pression reste à démontrer. Or une relation pourrait être supposée entre l'apparition de ce mécanisme, et son site toujours à proximité de l'entrée amont des méandres. A l'aval d'un tronçon rectiligne, le courant arrive avec une certaine énergie et l'écoulement est contrarié par l'apparition de la courbure. La mise sous pression pourrait dès lors être attribuée à la poussée des eaux turbulentes du courant principal dont l'énergie cinétique est soumise au freinage dans le méandre. Cette explication, certes hypothétique, tient compte de l'influence du débit de la rivière et, de ce fait, des variations d'énergie cinétique du courant principal. Les courants latéraux correspondraient à la détente périodique des pressions accumulées de la colonne d'eau. La période et l'intensité des courants reste ainsi liées aux modifications de débit.

Dans une petite rivière comme la Lienne à l'amont de son cours, le mécanisme se déclenche occasionnellement en face d'un obstacle, en dehors de tout méandre: souche d'arbre, affleurement de bancs durs, etc... Ceci démontre le rôle du freinage dans l'élabo-ration de la masse d'eau sous pression.

Par ailleurs, dans les sections droites, en régime normal, la Lienne semble dépourvue de toute efficacité de remaniement de ses propres alluvions. Plusieurs lignes de cailloux peints en témoignent.

Conclusion

La Lienne se caractérise par une grande instabilité dans la configuration de son lit mineur. Cette particularité de la rivière présente, pour les spécialistes, une difficulté pour

l'établissement des courbes de débit. Néanmoins les sections droites de la rivière sont peu soumises à des modifications. Ce sont les méandres qui montrent l'évolution la plus rapide.

La dynamique de la rivière dépend notamment de son régime. Les rides des méandres sont le siège d'une accumulation intense durant les crues. Le dépôt réalisé est hétérométrique. La décrue classe les sédiments et les

étale en plages à granulométrie décroissante vers les rives convexes.

L'évolution des berges et le faciès très mouvant des dépôts résulte de l'action de courants latéraux et ascendants, et de contrecourants, qui sont émis par une masse d'eau sous pression, probablement formée à la suite de freinage dans les courbures du méandre. Ce n'est donc pas toujours le courant principal qui est responsable du sapement des rives concaves.

BIBLIOGRAPHIE

- C. CHARLIER — *La plaine alluviale de la haute Amblève*. Mémoire de Licence, Liège, 1970.
- F. GULLENTOPS, W. MULLENDERS, L. SCHAILLÉE, E. GILOT, Y. BASTIN-SERVAIS — *Observations géologiques et palynologiques dans la vallée de la Liègne*. Acta Géographica Lovaniensia, T. IV, pp. 192-204.
- L.B. LEOPOLD, M.G. WOLMAN, J.P. MILLER — *Fluvial processes in Geomorphology*. Ed. W.H. FREEMAN and Company, San Francisco and London, 1964, 522 pages.
- M.J. MICHEL — *Etude de la plaine alluviale de la Lesse en Famenne*. Mémoire de Licence, Liège, 1970.
- M. PARDE — *Fleuves et rivières*. Coll. Armand Collin, Paris, 1953, 224 pages.
- J.C. TARGE — *La plaine alluviale de l'Ourthe entre Ronzon et Comblain-Fairon*. Mémoire de Licence, Liège, 1970.
- WILLIAMS P.F. and RUST B.R., — *The sedimentology of a braided river*. Journal of sedimentary Petrology, vol. 39, n° 2, pp. 649-679, June 1969.