



## Revue Géographique de l'Est

vol. 41 / 4 | 2001

Dynamique environnementale et karsts (Hongrie,  
France de l'Est, Luxembourg)

---

# Paléohydrologie tardiglaciaire et holocène en Hongrie d'après l'étude des méandres libres

*River meanders and Lateglacial-Holocene Palaeohydrology in Hungary.*

*Spätglaziale und Holozäne Paläohydrologie in Ungarn nach der Untersuchung  
freier Mäander*

**Gyula Gábris**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rge/3896>

DOI : [10.4000/rge.3896](https://doi.org/10.4000/rge.3896)

ISSN : 2108-6478

### Éditeur

Association des géographes de l'Est

### Édition imprimée

Date de publication : 1 septembre 2001

ISSN : 0035-3213

### Référence électronique

Gyula Gábris, « Paléohydrologie tardiglaciaire et holocène en Hongrie d'après l'étude des méandres libres », *Revue Géographique de l'Est* [En ligne], vol. 41 / 4 | 2001, mis en ligne le 22 juillet 2013, consulté le 08 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/rge/3896> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rge.3896>

---

Ce document a été généré automatiquement le 8 septembre 2020.

Tous droits réservés

---

# Paléohydrologie tardiglaciaire et holocène en Hongrie d'après l'étude des méandres libres

*River meanders and Lateglacial-Holocene Palaeohydrology in Hungary.*

*Spätglaziale und Holozäne Paläohydrologie in Ungarn nach der Untersuchung freier Mäander*

**Gyula Gábris**

---

## Introduction

- 1 La relation entre la taille des méandres et le débit d'un cours d'eau est connue depuis longtemps (Carlston, 1965). Mais il est évident que l'application directe des nombreuses formules de corrélation stochastique de ce type (Williams, 1984) devient problématique lorsqu'on passe à un nouveau territoire comme la Hongrie, d'une part parce qu'on ne dispose pas des mêmes données de mesure et d'autre part en raison des spécificités du milieu géographique (climat, substratum, végétation, sols). Ces raisons nous ont fait modifier les formules classiques pour les adapter au cas de la Hongrie.

## I. Les calculs paléohydrologiques

### A. Travaux préalables

- 2 Nous avons d'abord établi les relations existant actuellement entre les dimensions des méandres libres (longueur de la corde, longueur de l'arc entre deux points d'inflexion, amplitude) de diverses rivières de la Grande Plaine Hongroise et les éléments caractéristiques des débits de ces cours d'eau (débit moyen annuel, crue de probabilité de 10 %, 3 % et 1 %). Douze relations ont été obtenues (Gábris, 1985, 1987). Les

coefficients de corrélation calculés pour ces formules en utilisant des échelles logarithmiques sont compris entre 0,929 et 0,965.

- 3 Parallèlement a été effectuée l'étude des méandres abandonnés tardiglaciaires et holocènes de la Grande Plaine Hongroise (Somogyi, 1962 ; Borsy et Félegyházi, 1983 ; Csongor et Félegyházi, 1987) : mesure de leurs dimensions et estimation de leur âge par datations au  $^{14}\text{C}$ , analyses polliniques et considérations géomorphologiques. A partir de ces données, les caractéristiques des débits de ces rivières ont été estimées au moment de l'abandon de ces méandres. Les résultats obtenus donnent des indications quantitatives sur les fluctuations des débits holocènes, esquissant une paléohydrologie holocène de la Grande Plaine Hongroise : mesures absolues et relatives des régimes des rivières, chiffres de l'écoulement total annuel et de l'écoulement spécifique (Gábris, 1985). Cependant, ces calculs ont donné des valeurs de débits vraisemblablement exagérées, ce qui nous a incités à reprendre la question.

## B. Nouveaux calculs

### 1. Généralités

- 4 D'autres facteurs que le débit ont une influence sur la taille des méandres, et il fallait les inclure dans les calculs pour obtenir de meilleurs résultats. On a donc introduit en plus des données sur les dimensions du lit du cours d'eau (largeur, profondeur, section mouillée), des données sur sa pente, sur la composition du lit et sur les sédiments transportés (Tableau 1).

Tableau 1 : Paramètres hydrologiques et morphologiques de divers cours d'eau de Hongrie

| Rivière/Station de jaugeage | Débit moyen * | Pente * | Diamètre * | Quantité | Corde | Arc   | Groupe |
|-----------------------------|---------------|---------|------------|----------|-------|-------|--------|
| Tisza/Becs                  | 190,0         | 21,0    | 6,6        |          | 920   | 1 810 | A      |
| Szamos/Csenger              | 124,0         | 15,0    | 0,5        | 70,0     | 1 200 | 1 950 | A      |
| Szamos/Olcsva               | 130,0         | 10,0    | 0,2        |          | 550   | 930   | B      |
| Bodrog/Berecki              | 110,0         | 4,0     | 0,2        | 10,0     | 470   | 930   | B      |
| Bodrog/Tokaj                | 115,0         | 3,0     | 0,1        |          | 560   | 758   | B      |
| Hernád/Németi               | 29,0          | 59,0    | 4,4        | 11,5     | 420   | 950   | A      |
| Hernád/Bezdéd               | 32,0          | 37,0    | 3,4        |          | 400   | 860   | A      |
| Sajó/Bánréve                | 21,0          | 56,0    | 4,0        | 3,2      | 287   | 537   | A      |
| Sajó/Szederkény             | 65,6          | 40,0    | 2,0        |          | 500   | 900   | A      |
| Tisza/Polgár                | 530,0         | 5,0     | 1,2        | 54,0     | 1 900 | 3 200 | A      |
| Zagyva/Szolnok              | 9,6           | 18,0    |            |          | 210   | 395   | B      |
| Tarna/Jákóhalma             | 4,0           | 22,0    |            |          | 170   | 330   | B      |
| Sebes Körös/Szakál          | 25,0          | 2,5     | 0,3        | 12,0     | 245   | 385   | B      |
| Fekete Körös/Sarkad 42,0    | 1,6           | 0,2     | 7,0        | 276      | 473   | B     |        |
| Fehér Körös/Gyula           | 24,0          | 5,0     | 0,3        | 10,0     | 246   | 380   | B      |
| Hármas Körös/Csongrád       | 105,0         | 1,2     | 0,2        |          | 490   | 920   | B      |
| Maros/Makó                  | 160,0         | 18,0    | 0,4        | 25,0     | 1 100 | 1 680 | A      |
| Tisza/Szeged                | 815,0         | 2,0     | 0,2        | 110,0    | 1 960 | 3 860 | A      |
| Rába/Sárvár                 | 38,0          | 45,0    | 6,8        |          | 400   | 660   | A      |
| Rába/Árpás                  | 39,0          | 25,0    | 3,0        |          | 194   | 325   | B      |
| Rábca/Lébény                | 11,0          | 13,0    |            |          | 246   | 440   | B      |
| Marcal/Szt.Miklós           | 8,6           | 13,0    |            |          | 195   | 310   | B      |
| Ipoly/Gyarmat               | 14,0          | 35,0    | 0,5        |          | 110   | 190   | B      |
| Duna/Dombori                | 2 380,0       | 4,5     | 2,0        | 110,0    | 2 185 | 3 770 | A      |
| Duna/Mohács                 | 2 400,0       | 4,0     | 0,3        | 65,0     | 2 000 | 3 440 | A      |
| Dráva/Barcs                 | 595,0         | 10,0    |            | 25       | 1 510 | 2 860 | A      |

D'après la documentation de Vituki (Institut des Recherches Hydrauliques)

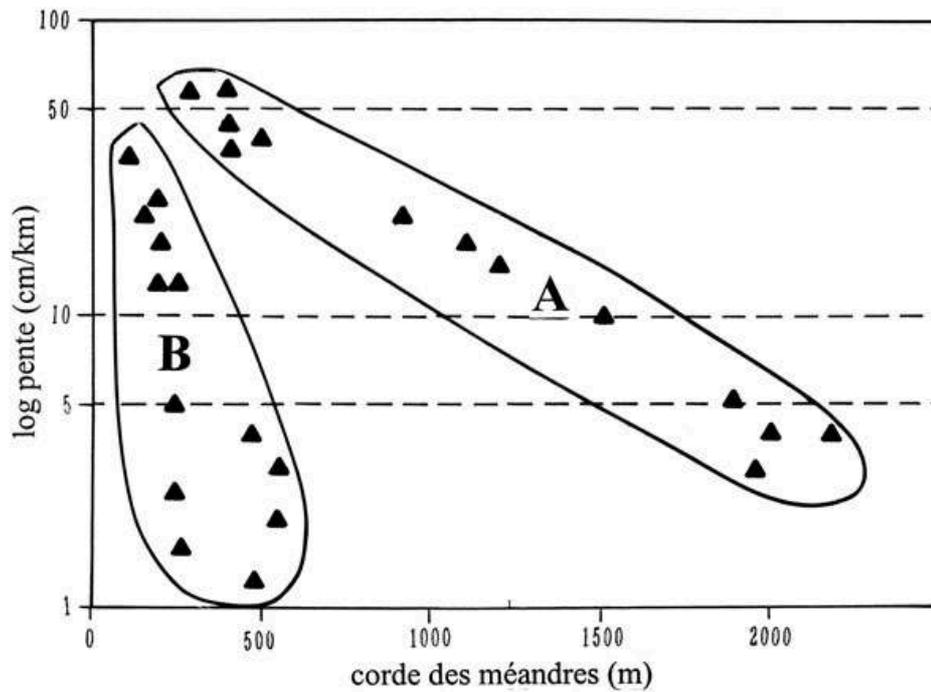
Dénominations complètes des colonnes : débit moyen annuel (m<sup>3</sup>/s) ; pente du cours d'eau (cm/km) ; diamètre des matériaux de lit (cm) ; quantité de sédiment transporté (kp/s) ; longueur de corde des méandres (m) ; - longueur de l'arc entre deux points d'inflexion (m)

- 5 Beaucoup de chercheurs s'appuient sur une coupe transversale du lit pour étayer leurs calculs hydrologiques. Malheureusement, nous n'avons pas obtenu de corrélation significative entre certaines dimensions du lit (largeur et profondeur) et le débit correspondant, contrairement aux exemples donnés par Schumm (1968) ou Dury (1976) ; il est vrai aussi que dans le cas des nombreux méandres abandonnés qui parsèment la Grande Plaine Hongroise, la réalisation de nombreuses coupes transversales des lits morts n'a pas été possible. De même, on n'a pas obtenu de corrélation suffisante entre les dimensions des méandres et le pourcentage de limons dans la composition du lit (Schumm, 1968). Enfin, l'estimation de la vitesse d'écoulement des paléorivières est restée un problème insurmontable.

## 2. Études de régressions linéaires simples

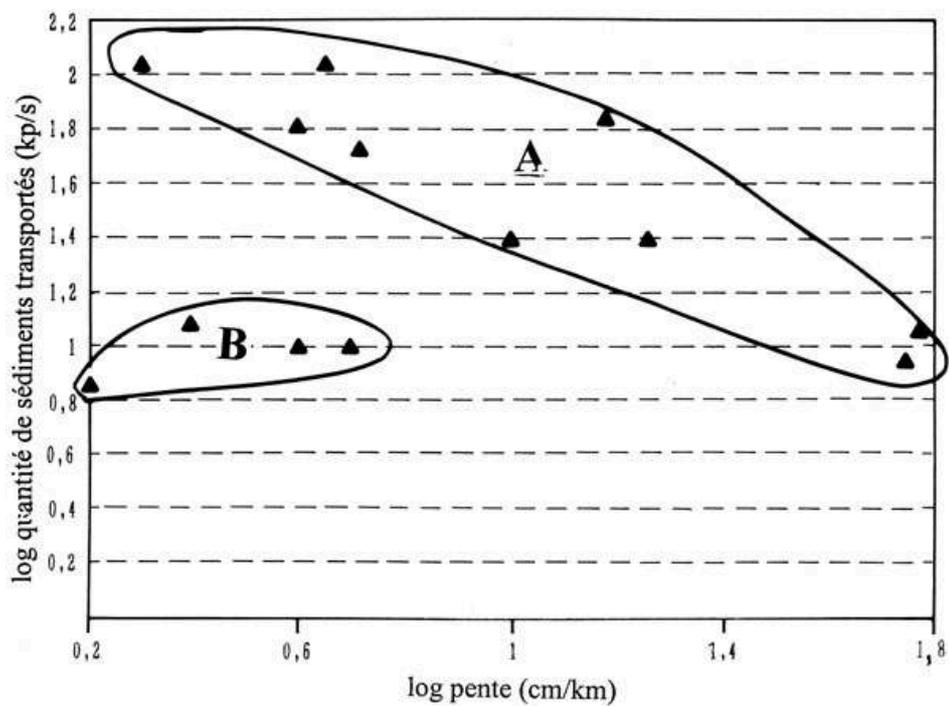
- 6 On a d'abord étudié séparément les relations entre chaque élément afin d'établir des liaisons possibles entre les différents facteurs, en utilisant les données réunies dans le Tableau 1. Nous donnons ici trois exemples de graphiques de relations bivariées ainsi obtenus :
- 7 La figure 1 montre la corrélation entre la pente de la rivière et la dimension de la corde des méandres libres actuels. Elle permet de constater que les rivières se partagent en deux groupes, A et B, pour lesquels les coefficients de corrélation sont respectivement  $R^2 = 0,94$  (A) et  $R^2 = 0,85$  (B).

Figure 1 : Deux groupe de rivières hongroises sur la base de la corrélation entre la pente et la corde des méandres



- 8 La figure 2 montre la corrélation entre la pente de la rivière et la quantité de matériaux transportés (coefficient de corrélation de 0,69 pour le groupe A ; non calculé pour le groupe B vu le faible nombre d'exemples).

Figure 2 : Groupes déterminés par la relation entre la pente et la quantité de sédiments transportés



- 9 La figure 3 montre la corrélation entre la pente de la rivière et le diamètre des matériaux transportés (coefficient de corrélation de 0,92 pour le groupe A ; de 0,64 pour le groupe B). Les différents graphiques établis montrent que les stations se regroupent pratiquement toujours de la même manière, ce qui a permis de déterminer différentes sections sur les rivières de la Grande Plaine Hongroise et de délimiter les différentes régions où ces sections de cours d'eau présentent des caractères similaires. La figure 4 en donne un exemple pour ce qui est de la quantité et de la nature des sédiments transportés.

Figure 3 : Groupes déterminés par la relation existant entre la pente et le diamètre des matériaux de lit

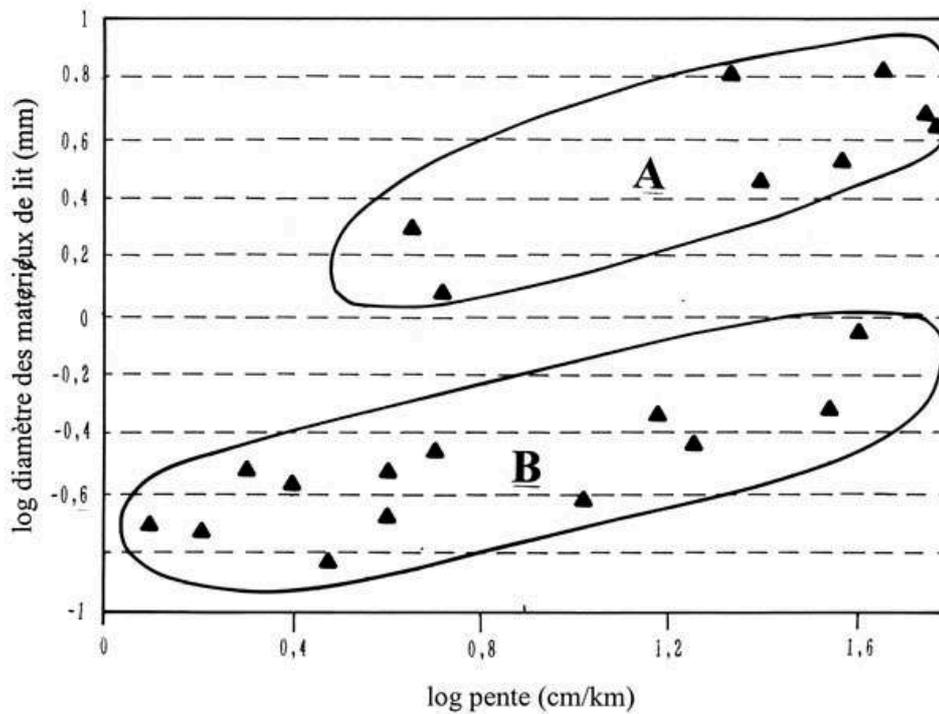
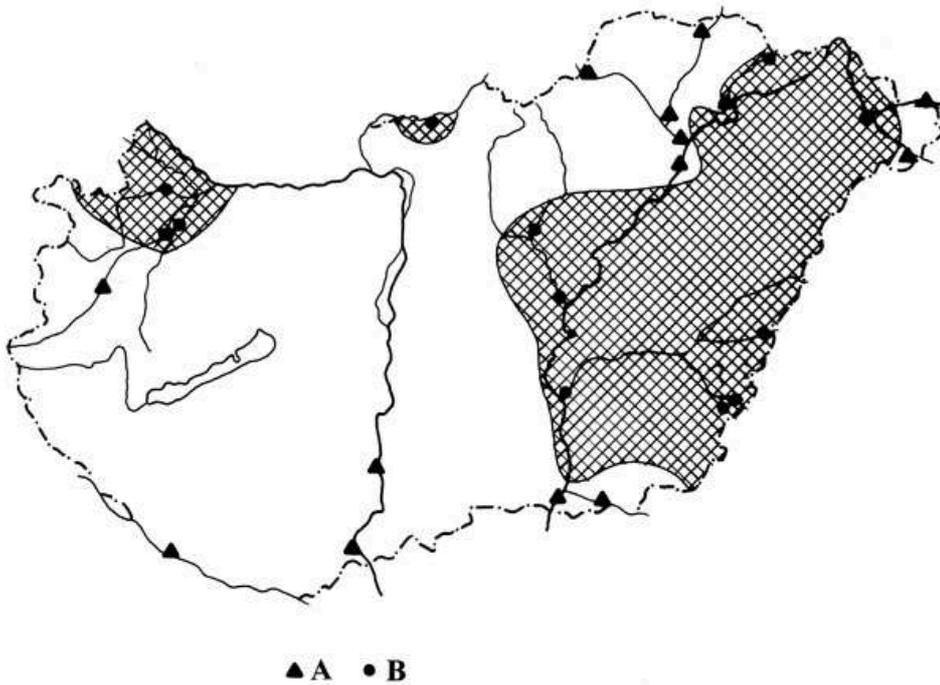


Figure 4 : Répartition territoriale des sections de rivières déterminées par les caractères des lits fluviaux

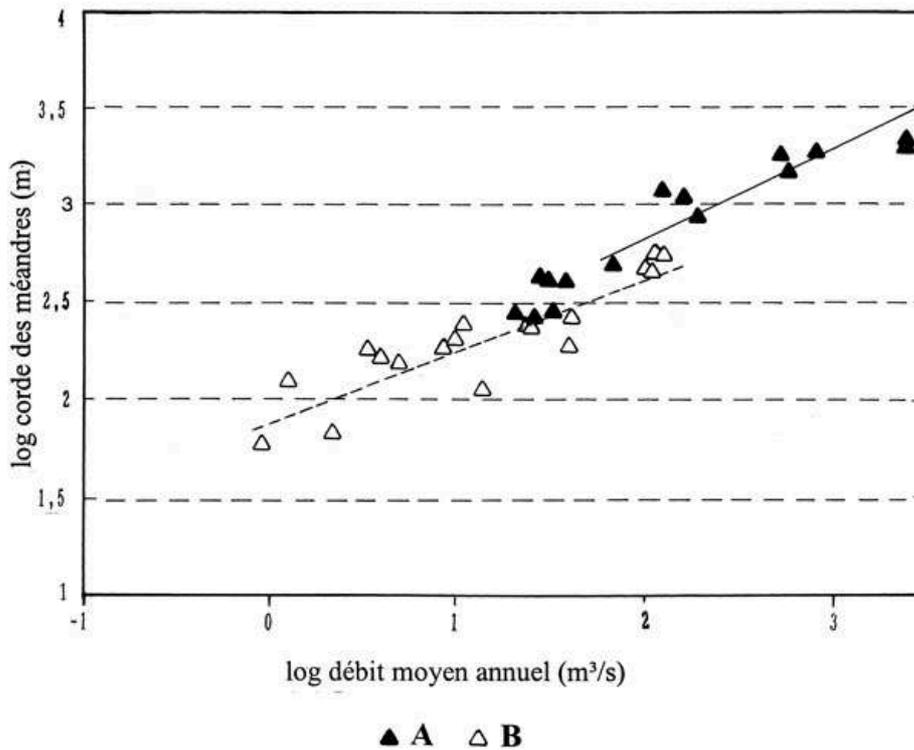


A : lit composé de grains grossiers – forte quantité de sédiment transporté ; B : lit composé de grains fins – faible quantité de sédiment transporté.

- 10 Enfin, ces corrélations ont permis de définir la relation recherchée entre les dimensions du méandre et le débit moyen annuel des rivières actuelles, en fonction des données propres à chaque groupe (Fig. 5). Les deux types de cours d'eau ont donné les fonctions suivantes :

- groupe A :  $Y = 78,5 \times 0,46$  ( $R^2 = 0,90$ )
- groupe B :  $Y = 80 \times 0,36$  ( $R^2 = 0,80$ )

Figure 5 : La relation entre le débit moyen annuel et la corde des méandres dans les deux groupes déterminés par les caractères des lits fluviaux

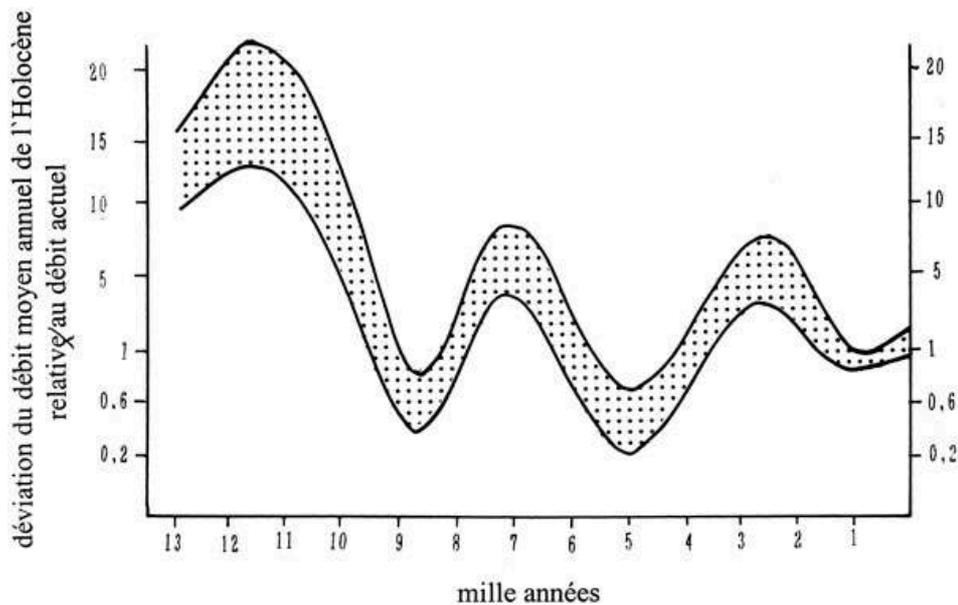


Groupe A, groupe B, répartition identique à celle de la fig. 4.

### 3. Études de régressions linéaires multiples

- 11 Williams (1983) a démontré que les formules de ce type ne sont pas appropriées au calcul des variables indépendantes (dans notre cas, le débit). Il propose de refaire les calculs de régression avec les données originelles, mais de telle façon que le débit devienne la variable dépendante et la taille du méandre la variable indépendante. L'application de ces nouvelles fonctions a ainsi permis de redéfinir les différents débits du Tardiglaciaire et de l'Holocène et d'en tirer une courbe d'évolution (Fig. 6).

Figure 6 : Variations du débit moyen annuel des rivières hongroises pendant l'Holocène ; déviation du débit moyen annuel de l'Holocène relativement au débit actuel



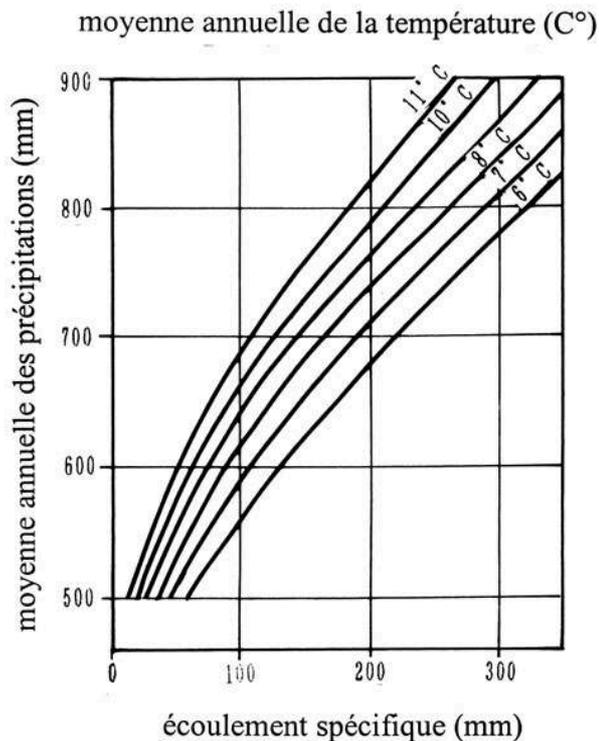
- 12 Dans le même ordre d'idée, on peut utiliser un modèle de régression linéaire multiple pour établir le rapport entre le débit moyen (Q) d'un cours d'eau et deux variables indépendantes, comme la pente du cours d'eau (E) et la corde du méandre (h). L'équation obtenue est :
- 13  $\log Q = 2,71116 - 0,0049874 \cdot E + 1,72913 \cdot \log h$
- 14 Cette équation de régression linéaire multiple a été soumise à une évaluation mathématique. Sa valeur P dans la table d'ANOVA étant inférieure à 0,01, il y a un rapport statistiquement significatif parmi les variables de l'ordre de 99 %. La statistique R-carrée indique que le modèle explique 88,42 % de la variabilité des débits. L'erreur type de l'évaluation montre que l'écart type des résiduels est de 0,2599. Cette valeur peut être employée pour construire des limites de prévision pour de nouvelles observations. L'erreur absolue moyenne — ici 0,1864 — est la valeur moyenne des résiduels. La statistique Durbin-Watson (DW) teste les résiduels pour déterminer s'il n'y a pas une corrélation significative qui serait basée sur l'ordre des données ; sa valeur supérieure à 1,4 indique qu'il n'y a probablement aucune corrélation sérieuse dans les résiduels. En essayant de savoir si le modèle peut être simplifié, on constate que la valeur P la plus élevée (0,1327) appartient au facteur pente du cours d'eau. Si cette valeur P est supérieure ou égale à 0,1, l'équation n'est plus statistiquement significative à 90 %, ni au niveau le plus élevé de confiance. En conséquence, on voit que l'utilisation de la pente dans ce modèle n'améliore pas statistiquement les calculs.
- 15 Les modèles établis à partir des autres données (quantité de sédiments transportés, calibre des matériaux du lit, etc.) ont conduit à des résultats comparables. C'est pourquoi en définitive, on a préféré conserver les modèles de régression linéaire à une seule variable (Gábris, 1986), aux calculs plus simples, comme celui qui conduit à l'estimation des paléo-débits des cours d'eau à partir de la dimension de la corde des méandres, et correspond en plus à deux groupes géomorphologiques de rivières (Fig. 5).

## II. Essai de reconstitution des précipitations à l'Holocène en fonction des paléo-débits

### A. Les relations actuelles climat écoulement d'après l'exemple de la Zagyva

- 16 Ces relations ont été récemment précisées dans le bassin versant de la rivière Zagyva, affluent de la Tisza, par les études de Nováki (1991). Ce dernier a calculé que l'augmentation de la quantité de précipitations annuelles et/ou la baisse de la température moyenne annuelle conduisent à une augmentation de l'écoulement spécifique (Fig. 7), et que le phénomène inverse se vérifie également dans des proportions notables. Par exemple, à la confluence de la Zagyva et de la Tisza, à l'intérieur de la Grande Plaine, une augmentation de 5 % des précipitations annuelles entraîne une variation de l'ordre de 40 à 45 % dans l'écoulement spécifique, alors que cette variation n'est que de 17 % dans la zone montagneuse ! A précipitations constantes, une simple variation de 0,2 à 0,3° de la température moyenne annuelle est suffisante pour provoquer une modification de l'écoulement spécifique de l'ordre de 10 %. D'après ces observations, des oscillations climatiques minimales suffisent à faire changer sensiblement l'écoulement moyen annuel et par conséquent le débit moyen du cours d'eau.

Figure 7 : Corrélation entre le climat et l'écoulement superficiel sur le bassin versant de la rivière Zagyva, affluent de la Tisza (d'après Nováki 1991)



## B. Débits et précipitations à l'Holocène dans la Grand Plaine Hongroise

- 17 Ces calculs ne peuvent cependant être extrapolés à l'Holocène qu'avec précaution. D'abord, ils portent sur des moyennes et non sur des débits de crue morphogènes ; ensuite, ils sont établis dans les conditions actuelles de fort déboisement, tandis que l'Holocène montrait des paysages densément boisés : on estime en effet que la densité du couvert végétal peut modifier l'écoulement spécifique dans une proportion de l'ordre de 20 à 30 % (Borsy et al., 1989). Il est donc nécessaire de cantonner ces résultats dans certaines limites. En se conformant à ces limites, et en se basant sur les forts débits d'une grande Zagyva au Subboréal (une des périodes les plus humides de l'Holocène), on peut estimer la quantité de précipitations moyennes annuelles de cette époque de formation du lit à 900 mm, alors que la valeur actuelle est de 580 mm. Pour le Sub-atlantique, on dispose de l'évaluation du débit moyen (Gábris, 1985) et d'une estimation de la température moyenne annuelle grâce à des données palynologiques (Jarainé Komlódi, 1966, 1969) et paléontologiques (Kordos, 1977) ; la quantité de précipitations moyennes annuelles déduite est de 750 mm.
- 18 En dépit des réserves exprimées plus haut, ces estimations semblent acceptables ; il est probable cependant que les forts débits holocènes déduits de l'étude des méandres n'aient pas été engendrés par une augmentation concordante simple des quantités de précipitations annuelles.

## Conclusion

- 19 Cet article fait le point sur les tentatives de reconstitution paléohydrologiques et paléoclimatiques effectuées dans la Grande Plaine Hongroise depuis une vingtaine d'années.
- 20 On est parti de la relation bien connue entre la taille du méandre et le débit du cours d'eau, statistiquement étudiée à partir des données actuelles disponibles sur les cours d'eau de la Plaine Hongroise. L'auteur a ensuite envisagé toute une série de relations bi-variées entre les facteurs déterminants : pente, matériaux du lit, quantité et qualité des sédiments transportés... Ces relations couplées ont permis de définir deux groupes de rivières en fonction de leur comportement morphologique et de les situer géographiquement, les résultats étant toujours raisonnablement concordants.
- 21 Les équations à variables multiples n'ont pas fourni de résultats supérieurs. C'est pourquoi l'auteur a préféré conserver la relation classique (longueur de la corde du méandre - débit du cours d'eau) pour établir les courbes destinées à calculer les paléodébits des rivières du Tardiglaciaire et de l'Holocène dont on a pu retrouver et identifier les méandres abandonnés. Ces résultats ont permis d'établir une courbe des variations moyennes des débits des rivières hongroises durant les 13 000 dernières années. La déduction des quantités de précipitations moyennes durant les différentes périodes de l'Holocène sont toutefois très délicates à établir, car un modèle actuel (étudié sur la Zagyva, affluent de la Tisza) montre que la température et la densité du couvert végétal influencent également beaucoup le débit spécifique ; par ailleurs, les événements exceptionnels morphogènes ne sont pas pris en compte. Néanmoins, on

peut estimer que la Plaine Hongroise, qui reçoit aujourd'hui en moyenne 580 mm/an, en recevait au moins 900 au Subboréal, et 600 au Sub-atlantique.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Borsy Z., Félegyházi E. (1983). — Evolution of the network of water courses in the north-eastern part of the Great Hungarian Plain from the end of the Pleistocene to our days – Quatern. Stud. in Poland 4, p. 115-124.
- Borsy Z., Csongor É, Félegyházi E. (1989). — Development of the Bodroghöz and its drainage changes. *Alföldi Tanulmányok* 13, p. 65-81.
- Carlston C.W. (1965). — The relation of free meander geometry to stream discharge and its geomorphic implications. *Amer. Journ. of Science*, 262, p. 864-885.
- Csongor É., Félegyházi E. (1987). — Paleohydrographic changes in the Bodrog-Tisza interfluvium (NE Hungary) in the past 20.000 years based on palynological studies and 14C dating. In : *Holocene environment in Hungary* (Pécsi M., Kordos L. ed.), p. 59-66.
- Dury G.H. (1976). — Discharge prediction, present and former, from channel dimensions. *Journ. of Hydrol.*, 30, p. 219-245.
- Gábris Gy. (1985). — An outline of the paleohydrology of the Great Hungarian Plain during the Holocene. In : Pécsi M., *Environmental and Dynamic Geomorphology*, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 61-77.
- Gábris Gy. (1986). — Holocene discharges of rivers in the Alföld (en hongrois). *Alföldi Tanulmányok*, 10, Békéscsaba, p. 35-52.
- Gábris Gy. (1987). — Correlation between meander properties and Holocene discharges in the Great Hungarian Plain. In : *Internat. Geomorph. Conf. 1985 part I.* (ed. V. Gardiner) J. Wiley and Sons Ltd., p. 723-730.
- Járainé Komlódi M. (1966, 1969). — Adatok az Alföld negyedkori klíma és vegetációtörténetéhez I-II. (Quaternary climatic changes and vegetational history of the Great Hungarian Plain I-II). *Botanikai Közlemény* 53, p. 191-201, 56, p. 143-155.
- Kordos L. (1977). — Changes in the Holocene climate of Hungary reflected by the « volethermometer » method. *Földrajzi Közlemények* 25 (101), p. 222-229.
- Nováki B. (1991). — Climatic effects on runoff conditions in Hungary. *Earth Surface Proc. and Landforms* 16, p. 595-599.
- Schumm S.A. (1968). — River adjustment to altered hydrologic regimen - Murrumbidgee River and paleochannels. *Australia. US Geol. Surv. Prof. Papers* 598, p. 65.
- Somogyi S. (1962). — Evaluation of the Holocene geographical research in the hydromorphology – *Földrajzi Értesítő* 11, p. 185-202.
- Williams G.P. (1983). — Improper use of regression equations in Earth Sciences. *Geology* 11, p. 195-197.

Williams G.P. (1984). — Paleohydrologic equations for rivers. In : Costa J.E. & Fleicher P.J. (ed.). Developments and applications of geomorphology, Springer-Verlag, Berlin, p. 343-367.

## RÉSUMÉS

La relation bien connue entre la dimension des méandres et le débit du cours d'eau correspondant a été étudiée à partir des données actuelles des rivières hongroises. En incluant également la pente, la valeur de la charge et le diamètre des matériaux transportés dans des relations bivariées, on démontre l'existence actuelle de deux groupes de cours d'eau en Hongrie. L'auteur indique ensuite pourquoi il préfère ces calculs à des équations de régression linéaire à facteurs multiples. La formule classique (relation débit - corde du méandre) a été appliquée aux bras morts des cours d'eau de la Grande Plaine Hongroise afin d'évaluer les débits au Tardiglaciaire et à l'Holocène. Une courbe des changements de débit holocènes a été établie. À partir des débits reconstitués, on tente de définir la quantité de précipitations à certaines périodes de l'Holocène.

The relation between meander size and river discharge is well known and has been studied using actual data from Hungarian rivers. Bivariate relationships between slope, load, and particle diameter are also included, demonstrating the existence of two groups of channels in Hungary. The author also point out why he prefers these bivariate calculations more than linear regression equations from multiple factors. The classic formula (relation between discharge and diameter of meander) is applied to meander cut-offs of the Great Hungarian Plain in order to evaluate discharges in the Lateglacial and the Holocene. A curve of the Holocene discharge changes has been established. From reconstructed discharges an attempt is made to define the quantity of precipitation in certain periods of the Holocene.

Die wohlbekannte Beziehung zwischen dem Ausmass der Mäander und der Wasserführung wurde auf Grund der aktuellen Gegebenheiten ungarischer Flüsse untersucht. Schliesst man gleichermaßen das Gefälle, die Menge der Fracht und den Durchmesser der transportierten Materialien in die bivariablen Beziehungen ein, kann man die aktuelle Existenz von zwei Gruppen von Wasserläufen in Ungarn nachweisen. Der Autor zeigt dann auf, warum er diese Berechnungen gegenüber den linearen Regressionsgleichungen der multiplen Faktoren bevorzugt. Die klassische Formel (Beziehung zwischen Wasserführung und Mäandersehne) wurde auf die Totarme der Wasserläufe in der Grossen Ungarischen Ebene angewandt, um die Wasserführung im Spätglazial und Holozän abzuschätzen. Eine Kurve der Veränderungen der holozänen Wasserführung wurde aufgestellt. Auf Grund der rekonstruierten Wasserführungen sucht man die Höhe der Niederschläge in bestimmten Perioden des Holozän zu definieren.

## INDEX

**Schlüsselwörter** : Holozän, Mäander, Paläohydrologie, Paläoklimatologie, Spätglazial, Ungarn

**Keywords** : Holocene, Hungary, Lateglacial, meander, palaeoclimatology, palaeohydrology

**Mots-clés** : Holocène, Hongrie, méandre, paléoclimatologie, paléohydrologie, Tardiglaciaire

## AUTEUR

**GYULA GÁBRIS**

Université Eötvös Loránd Budapest, Département de Géographie physique, 2, place Ludovika 1083  
Budapest, Hongrie