

EROSION DES VERSANTS ET TRANSPORTS SOLIDES A L'EXUTOIRE D'UN BASSIN VERSANT EN HONGRIE

Ádám KERTÉSZ

Institut de Géographie, Académie des Sciences de Hongrie,
Budapest, H-1112 Budaörsi út 45, Hongrie

RESUME

En Hongrie, l'érosion des sols endommage une ressource naturelle très importante: les sols fertiles. Plus d'un tiers des territoires agricoles est touché par l'érosion pluviale (2,3 millions d'hectares) et 1,5 millions d'hectares le sont par l'érosion éolienne. La recherche sur l'érosion des sols est primordiale, d'une part pour estimer la quantité du sol érodé et d'autre part pour déterminer les lieux d'accumulation où le sol et l'eau, arrivant des parties supérieures de la pente, seront déposés.

Le petit bassin versant expérimental présenté dans cette étude fait partie du bassin versant du lac Balaton. Ici, l'érosion contribue à l'eutrophisation du lac.

Le but de cette étude est de présenter des résultats sur la mesure et le calcul de la perte en sol dans un petit bassin versant expérimental.

Cette recherche est très importante du point de vue de la conservation du sol et de la protection de l'environnement. Elle peut aider à trouver des solutions pour la préservation de l'écosystème du lac. Les résultats sur la perte de sol seront évalués puis extrapolés à la superficie totale du bassin versant du lac à l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Les résultats serviront de base pour les procédés de conservation et pour un changement souhaitable concernant l'utilisation du sol.

L'équation universelle des pertes en sol (USLE de Wischmeier et Smith, 1978) a été appliquée pour le calcul de la perte du sol (t/ha/an) dans le bassin versant. Le calcul était réalisé pour de petites unités territoriales, nommées "érotopes".

Les débits de l'eau et des alluvions ont été mesurés près des bouches du ruisseau, en comparant la perte annuelle du sol dans le bassin versant avec le débit moyen des alluvions. Les enregistrements montrent que seulement 2% du sol arraché quittent le bassin versant. Ce résultat sur la relation entre l'érosion des sols et le débit des alluvions nous montre que les petits bassins versants n'ont pas d'influence importante sur l'écosystème du lac.

Mots clés : érosion pluviale, SIG, USLE, charge sédimentaire, protection de l'environnement, écosystème d'un lac.

ABSTRACT

In Hungary soil erosion endangers one of the most important natural resources, i.e. fertile soils. More than one third of the agricultural land is affected by water erosion (2,3 million hectares) and 1,5 million hectares by wind erosion. Soil erosion research is of great importance, because of the need to estimate soil loss and to determine those parts of the slope where accumulation of soil and water coming from the upper slope sections takes place.

The experimental catchment presented in this paper is a subcatchment of Lake Balaton. It is a major problem in Lake Balaton catchment that soil erosion contributes to the eutrophication of the lake.

The objective of the present study is the assessment of soil and nutrient loss in an experimental tributary catchment of Lake Balaton. The significance of soil erosion for the lake ecosystem should also be clarified.

This research is very significant from the point of view of soil conservation and of environmental protection. It can help to find solutions to preserve the ecosystem of the lake. The results of soil loss assessment can be extrapolated to the total area of the drainage basin of the lake applying a GIS (Geographic Information System). The results provide a basis for conservation measures and for land use changes.

The USLE is used to predict soil loss by water erosion for the so called erotops of the catchment of 24 km². Control measurements have been going on seventeen years at a gauging station to check how much sediment and water actually leave the catchment.

Results of sediment yield measurements were compared with the results obtained by the USLE for the whole catchment. According to this comparison only 2 % of sediment leaves the catchment so that redeposition processes within the catchment are very significant whereas the contribution of soil erosion to the eutrophication of the lake is not very important in the small tributary catchments.

Key-words: water erosion, GIS, USLE, sediment load, environmental protection, lake ecosystem.

INTRODUCTION

L'érosion des sols est l'impact géomorphologique le plus important en Hongrie sur les pentes couvertes de sédiments ameublés, essentiellement loessiques. L'utilisation agricole de ces pentes favorise l'érosion, surtout sur les surfaces qui restent sans végétation pendant plusieurs mois de l'année.

Les terres agricoles représentent 2/3 de la superficie de la Hongrie et pour cette raison les processus d'érosion ont une grande importance : 25% (2,287 Mha) du territoire total du pays est sous l'effet des processus d'érosion des sols (Stefanovits-Várallyay; 1992). Sur les territoires vallonnés, le taux moyen d'érosion est de 50 t/ha/an, ce qui équivaut à une épaisseur d'un millimètre de perte en sol par an.

Pour les projets de protection des sols, il est important de connaître le taux d'érosion, afin d'élaborer les mesures qui s'imposent.

A la recherche d'un modèle fiable destiné à la prédiction de l'érosion des sols par l'eau (*érosion hydrique des sols*) nous avons constaté les points suivants: d'une part plus d'une demi-douzaine de modèles ont été développés afin de remplacer l'USLE (Wischmeier-Smith; 1978). La plupart d'entre eux tentent de passer des modèles "black-box (boîte noire)" aux modèles orientés processus. L'autre but est que ces modèles soient plus destinés à être utilisés non seulement à l'échelle de la parcelle mais aussi à l'échelle du bassin versant.

Il y a toutefois des obstacles importants à l'application pratique de ces modèles, puisqu'ils exigent un grand nombre de paramètres qui ne peuvent pas être mesurés, mais seulement estimés. A titre d'exemple, nous rappelons l'utilisation des modèles CREAMS et EPIC en Allemagne où les résultats obtenus dépendent de l'estimation des données d'entrée (input) (Richter, Mezosi; 1990).

Selon nos expériences, l'USLE s'est révélé à ce jour le modèle le plus fiable dans l'estimation de la perte de sol, c'est pourquoi il sert de base à cette étude. Nous avons par le passé testé l'USLE dans trois approches différentes (Kertész, 1993), mais nous allons présenter ici une méthode entièrement nouvelle, plus moderne et plus fiable que les méthodes précédentes. Elle est basée sur la cartographie des érotopes (voir plus tard) qui permet l'adaptation de l'USLE sur un bassin versant entier.

LE SITE D'ETUDE

L'étude de l'érosion du sol dans le bassin versant de Balaton, ainsi que la charge sédimentaire due à l'érosion, et l'estimation de la quantité de matière dissoute transportée dans le lac sont de grande importance. Les environs du lac Balaton sont l'une des régions les plus touristiques du pays. Les effets défavorables à l'écosystème du lac proviennent en partie de sources éloignées, mais aussi des communes lacustres et de l'invasion touristique estivale.

En conséquence, il y a de nombreuses sources d'alluvions dispersées dans le bassin versant, qui causent des effets néfastes, dont le débit de matières en suspension et dissoutes ne peut être estimé qu'avec des mesures dans les sous-bassins versants.

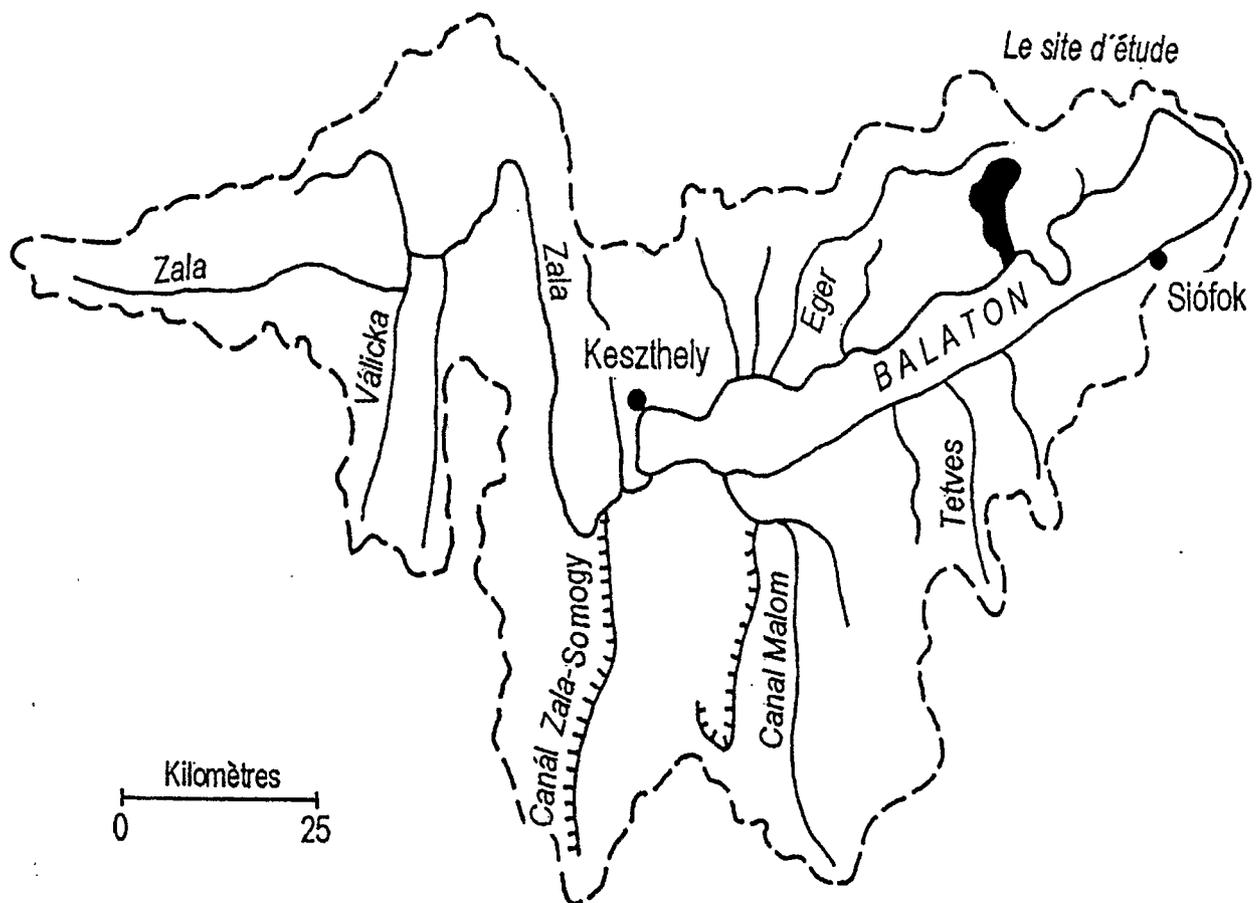


Figure 1 : Le bassin versant du Lac Balaton et le site d'étude.

Le système du bassin versant balatonien (5 775 km²) consiste en trois sous-bassins versants

1. La rivière Zala dispose du bassin versant le plus grand, rattaché au système balatonien par une capture fluviale.

2. L'unité Sud est caractérisée par un faible relief et par des bassins versants étendus aux configurations naturelles différentes (Figure 1) :

3. L'unité Nord est formée d'une série de bassins versants plus petits, avec des caractères géologiques, pédologiques et d'aménagement territorial différents.

Nous avons choisi un bassin versant typique pour notre étude : le bassin du ruisseau Orvényesi-Séd qui se situe dans l'unité Nord; sa superficie est de 24 km².

METHODES

Comme nous l'avons déjà mentionné, notre méthode se base sur l'application du modèle USLE qui détermine le taux d'érosion (t/ha) sous la forme suivante :

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Où A = valeur de la perte prédite en sol

R = facteur de la précipitation et de l'écoulement (érosivité)

K = facteur de susceptibilité à l'érosion du sol (érodibilité)

LS = facteur de la longueur et de l'angle de la pente

C = facteur de la couverture végétale et de la rotation des cultures (gestion)

P = facteur de la lutte anti-érosive.

Premièrement, nous avons cartographié les facteurs influençant l'écoulement et l'érosion ; puis nous avons dressé un SIG et avons superposé les cartes en tant que données de ce SIG :

- modèle numérique du terrain,
- texture du sol,
- teneur en humus,
- couverture pierreuse du sol,
- profondeur du sol,
- utilisation des terres de cultures et végétation.

Nous avons utilisé ARC-INFO pour l'arrangement et le traitement des données. Les sens d'écoulement et les angles de pente ont été déterminés par application d'un maillage triangulaire permettant ainsi la délimitation des petites unités pour l'estimation de l'érosion du sol, unités appelées "érotopes". La notion d'érotope a été définie par G. Richter comme une unité de surface sur laquelle les sens d'écoulement sont approximativement les mêmes et sur laquelle il n'y a pas d'élément linéaire collectant des eaux (écoulement intermittent). Ses bornes sont les lignes d'écoulement divergentes ou convergentes ou des éléments linéaires anthropogènes, comme des fossés, des ruisselets, des chemins de terre et des terrasses entre les champs. Les territoires boisés, les communes et les fonds plats de vallée ont été exclus de l'étude. Le calcul de la perte de sol a été précédé du calibrage des paramètres de l'équation.

- i) Pour la détermination du facteur R, nous avons utilisé des données de trois stations météorologiques. Compte tenu de l'équation originale de Wischmeier-Smith, EI sera exprimé en kJm^{-2} . Dans la version originale de l'USLE, 2 événements pluviométriques sont séparés d'une période de 6 heures sans précipitation. Cependant, d'après les expériences réalisées en Allemagne (dans les environs de Trier) et en Hongrie (station de Csakvar) la période de 6 heures ne peut pas être appliquée pour l'Europe Centrale, puisque les petites pluies cyclonales caractéristiques de cette région, qui ne causent pas d'écoulement ni de perte de sol, sont considérées dans la version originale comme précipitations érosives, si la quantité totale journalière dépasse les 10 mm. La valeur du facteur R serait alors surestimée. Il a donc été nécessaire de réduire la période séparant deux événements de précipitation de 6 heures à 1/2 heure. Avec cette modification, la valeur du facteur R a diminué de 60 à 36.
- ii) Pour le facteur d'érodibilité (K), nous avons fait les calculs en utilisant les valeurs de Wischmeier-Smith. Nous voudrions remplacer ces valeurs par celles qui ont été obtenues d'après les expériences de simulation de pluies artificielles faites à partir de 1989 dans le bassin versant d'Orvényesi-Séd et à la station de recherche de Csakvar. Ces sites comprennent 70 % des classes granulométriques du territoire balatonien. En outre, nous avons fait des mesures d'érodibilité sur les parcelles de la station de Csakvar lors de précipitations naturelles. Si nous traitons ces données nous allons pouvoir, dans un proche futur, établir une nouvelle version calibrée de la Figure 2.
- iii) Le facteur cultural C a été ajusté à la pratique locale des cultures et nous l'avons fait varier de 0,3 à 0,26 dans le cas du blé, du colza, du maïs, du maïs et de l'orge, de 0,6 à 0,4 dans le cas d'un vignoble.

Nous avons délimité 416 érotopes sur le territoire examiné. La superficie totale de ce territoire est de 1219 ha (50 % de la superficie du bassin versant). L'autre moitié du bassin représente les territoires dont la pente reste inférieure à 2°, les bois et les lieux d'habitation. Nous avons calculé la perte de sol pour tous les érotopes et nous avons préparé la carte de perte de sol du bassin versant avec la méthode d'un SIG (Système d'Information Géographique).

RESULTATS

Le calcul de la perte en sol a été réalisée pour 416 érotopes. La Figure 2 présente les valeurs de perte en sol calculées pour les érotopes du territoire correspondant à la moitié du bassin versant du ruisseau Orvényesi-Séd, au nord du lac Balaton. En comparant nos résultats à ceux obtenus avec les calculs précédents, nous pouvons constater que ces valeurs sont bien plus basses et donc plus réalistes (Kertész, Márkus, Richter 1995). Par exemple, le calcul réalisé par Dezsény (1984) était fait sur la base de cartes thématiques et topographiques sans aucune mesure sur le terrain et sans une analyse détaillée des données météorologiques. C'est pourquoi les valeurs de perte en sol, qui ne concernent qu'une partie du bassin versant, sont au minimum deux à trois fois plus grandes comme celles de cette étude.

Le Tableau 1. présente la dispersion des valeurs de perte en sol. La plupart des valeurs sont inférieures à 10 t/ha (42 % du territoire entier, mais 90 % de la partie examinée du point de vue de la perte de sol.). La perte en sol calculée pour la totalité du bassin versant est égale à 6400 t/an. Elle provient de 1220 ha de terres agricoles ou abandonnées (51% du territoire du

bassin versant). La valeur moyenne est 5,25 t/ha/an. Les vignobles y jouent un rôle très important avec 4100 t/an tandis que 1700 t/an proviennent de terres arables.

Tableau 1 : Pertes en sol dans le bassin versant du ruisseau Örvényesi-Séd

Perte en sol	Pourcentage de la superficie
<i>Exclu du calcul</i>	49%
0 – 1 t/ha	14%
1 – 5 t/ha	16%
5 – 10 t/ha	12%
10 – 15 t/ha	4%
15 – 30 t/ha	4%
>30 t/ha	1%
	100%

En ce qui concerne le débit d'eau et la charge sédimentaire, des mesures hebdomadaires ont été réalisées à l'exutoire du bassin. Si nous comparons la perte en sol, calculée pour le bassin versant entier, aux données des mesures réalisées à Orvényes (Tableau 2.), nous pouvons constater que seulement 8 à 700 tonnes de matériaux solides quittent réellement le bassin versant, ce qui représente un équivalent de 0,1 t/ha/an, soit moins de 2% (valeur moyenne: 1,7%) de la perte en sol estimée par l'équation USLE. Cela s'explique comme suit : le ruisseau Örvényes prend son cours dans un bassin plat très large, couvert par une prairie, c'est pourquoi la plupart des sédiments transportés par le ruissellement n'atteindront pas le lit du ruisseau. Par ailleurs, le système hydrographique est de type karstique et par conséquent une part significative du ruissellement disparaît de la surface du bassin versant. Les petits bassins versants de l'unité hydrologique Nord du lac Balaton ne jouent donc qu'un rôle insignifiant dans le comblement du lac.

Tableau 2 : Charge sédimentaire [t/an] dans le bassin versant de Örvényesi-Séd d'après les mesures réalisées à Örvényes de 1977 à 1993.

An	Sédiment (t)	An	Sédiment (t)
1977	68,05	1986	173,57
1978	45,97	1987	122,61
1979	58,97	1988	50,46
1980	188,49	1989	13,52
1981	73,79	1990	61,30
1982	80,16	1991	13,93
1983	177,64	1992	20,31
1984	684,20	1993	8,20
1985	91,45		



Figure 2 : Pertes en sol calculées par utilisation de l'équation USLE pour les érotopes du bassin versant de Örvényesi-Séd.

REMERCIEMENTS

Nos recherches ont été soutenues par la Société de Recherches Allemande (DFG), le Fonds de la Recherche Scientifique National de Hongrie et l'américain Earthwatch.

Les recherches se sont déroulées en partie en coopération avec le projet MEDALUS II. (Mediterranean Desertification and Land Use). Le projet MEDALUS II. a été fondé par la CE dans le cadre du Programme de Protection de l'Environnement; numéro du contrat : EV5V 0128/0166. Nous leur adressons toute notre reconnaissance.

BIBLIOGRAPHIE

- DEZSÉNY Z., 1984. A lehetséges erózió térképezése és az erózióveszély vizsgálata a Balaton-vízgyűjtő területén (Mapping of potential erosion and the investigation of erosion hazard in Lake Balaton catchment).- *Vízügyi Közlemények (Hydraulic Engineering)* 66 : 311-324.
- KERTÉSZ Á., 1993. Application for GIS methods in soil erosion modelling. *New York, Computers, Environment and Urban Systems* 17 : 233-238.
- KERTÉSZ Á., MÁRKUS B. et RICHTER G., 1995. Assessment of soil erosion in a small watershed covered by loess. *GeoJournal, Dordrecht* 36 : 285-88.
- RICHTER G., MEZŐSI G., 1990. Bodenerosion, Winderosion und Bodenfruchtbarkeit – eine quantitative Näherung mit der EPIC Model. *Acta Geographica Szegediensis, Szeged*, 28-30 : 67-82.
- STEFANOVITS P., VÁRALLYAY G., 1992. State and Management of Soil Erosion in Hungary. *Soil Erosion and Remediation Workshop, US Central and Eastern European Agro-Environmental Program, Budapest, April 27- May 1 1992, Proceedings*: 79-95. RISSAC, Budapest.
- WISCHMEIER W. H. & SMITH D. DD., 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. *USDA Agricultural Handbook* 537. US Government Printing Office, Washington DC.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Kertész, A. - Erosion des versants et transports solides à l'exutoire d'un bassin versant en Hongrie, pp. 104-111, Bulletin du RESEAU EROSION n° 20, 2000.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr