

**L'IMPACT DE LA PUISSANCE DE RUISSELLEMENT SUR  
L'ERODIBILITE D'UN SOL AGRICOLE REMANIE**

**EFFECT OF RUNOFF POWER ON ERODIBILITY OF  
UNDISTURBED SOIL AGRICULTURAL**

**Abderzak MOUSSOUNI.** *Centre universitaire Mila A. Bousouf,  
Laboratoire LEGHYD USTHB, moussouni\_abderzak@yahoo.fr*

**Aziz MAALIOU.** *Laboratoire LEGHYD. Fac. Génie Civil,  
USTHB. amaaliou@usthb.dz*

**Liatim MOUZAI.** *Laboratoire LEGHYD. Fac. Génie Civil. USTHB  
mouzai@yahoo.fr*

**Malek BOUHADF.** *Laboratoire LEGHYD. Fac. Génie Civil USTHB,  
mbouhadef@usthb.dz*

**RESUME :** Ce travail a pour objectif, l'étude de l'effet de la puissance de ruissellement sur l'érodibilité du sol. Certains auteurs, après avoir analysé leurs résultats, sont arrivés à conclure que la puissance de l'écoulement est le meilleur prédicateur de l'érosion. Ce paramètre a été relié à l'érosion du sol sous forme de puissance de l'écoulement, puissance unitaire de l'écoulement et puissance effective de l'écoulement. Vu l'importance de ce paramètre, la puissance érosive de ruissellement peut être utilisée pour évaluer l'érosion d'un sol agricole. A cet effet une étude expérimentale a été menée au niveau du laboratoire à l'aide d'un simulateur de pluie de type ORSTOM pour étudier la relation entre cette puissance de ruissellement et l'érodibilité du sol. Le bac de sol utilisé a une longueur de 2m, une largeur de 0,5m et une profondeur de 0,15m. Il est équipé d'un système d'ajustement de pente. Le sol utilisé est un sol agricole sableux de 62,08% de sable grossier, 19,14% de sable fin, 6,39% de limon fin, 5,18% de limon grossier et 7,21% d'argile. Les résultats trouvés sont illustrés sur les figures 1 et 2. La relation entre la concentration des sédiments et la puissance érosive de ruissellement suit bien une fonction logarithmique avec un important coefficient de détermination. La deuxième relation, entre la puissance érosive de ruissellement et l'érodibilité du sol, suit bien la fonction puissance avec un coefficient de détermination très significatif.

**Mots clés :** Erosion, Ruissellement, Puissance d'écoulement, Erodibilité, Erosivité.

**ABSTRACT :** This work presents a study of the effect of the stream power on soil erodibility. Certain authors, after having analyzed their results, arrived to conclude that the stream power is the best preacher of erosion. This parameter was connected to the soil erosion in the form of stream power, unit stream power and effective stream power. Considering the importance of this parameter, the erosive stream power can be used to evaluate the agricultural soil erosion. For this purpose, an experimental study was realized in laboratory by means of a rainfall simulator, to study the relationship between the stream power and soil erodibility. The soil tray used in this study has a length of 2m, width of 50 cm and a depth of 15 cm and the slope was adjusted with a system. The soil used is a sandy agricultural soil of 62.08% coarse sand, 19.14% fine sand, 6.39% fine silt, 5.18% coarse silt and 7.21% clay. The obtained results show that the relationship between stream power and sediments concentration is best represented by a logarithmic function with an important coefficient of determination. As regards the relationships between soil erodibility and the stream powers, the evolution is represented by a power function with high coefficient of determination.

**Keywords:** erosion, runoff, stream power, erodibility, erosivity.

## INTRODUCTION

L'érosion du sol a été définie en tant que processus de détachement et de transport de particules de sol par les agents érosifs (Ellison, 1947). En raison de son ampleur et son agressivité, elle constitue une contrainte majeure au développement de l'agriculture et à la promotion des activités rurales. La pluie effective peut détacher beaucoup de particules en tombant à des intensités normales (Van Dijk et al., 2002), ce qui entraîne le ruissellement. La puissance de ruissellement agit sur le détachement et, par conséquent, affecte la concentration en sédiments ; ceci mène à l'augmentation de la capacité de transport et donc l'érodibilité du sol.

## APPROCHE THEORIQUE

### Puissance de ruissellement

D'après Nearing et al. (1997), la puissance de l'écoulement est le meilleur prédicateur dominant du transport solide. Les autres paramètres, tels que la tension de frottement, la puissance unitaire et la puissance effective de l'écoulement, ne conduisent pas, pour le transport des solides, à une relation empirique meilleure que celle faisant intervenir la puissance de l'écoulement.

La puissance de l'écoulement est calculée par la relation (1). Cette relation est utilisée par plusieurs chercheurs (Govers, 1990 ; Gilley et al., 1985 ; Bagnold, 1966) .

$$\Omega = \rho_e gqs \tag{1}$$

Avec :

- $\rho_e$ : la masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  : l'accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)
- $q$  : Débit unitaire de l'eau (m<sup>2</sup>/s)
- $S$  : facteur pente.

Tandis que l'écoulement sur une surface agricole est un écoulement d'un mélange eau/sédiments, on peut donc écrire :

$$\Omega = \rho_{mél} gq_{mél} S \tag{2}$$

- $\rho_{mél}$ : la masse volumique du mélange eau/ sédiments (kg/m<sup>3</sup>).
- $q_{mél}$ : le débit unitaire du mélange (m<sup>2</sup>/s).

La densité du mélange eau/ sédiments est donnée par :

$$\rho_{mél} = \rho_e + (1 - \frac{\rho_e}{\rho_s})C_s \tag{3}$$

- $\rho_e$  : la masse volumique de l'eau (Kg/m<sup>3</sup>)
- $\rho_s$  : la masse volumique du solide (Kg/m<sup>3</sup>)
- $c_s$ : la masse des sédiments par unité de volume du mélange eau / sédiments (Kg/m<sup>3</sup>).

La densité du sol utilisé a été déterminée au niveau du laboratoire ( $\rho_s = 2548,86 \text{ kg/m}^3$ ), d'où on a :

$$\rho_{mél} = 1000 + 0,608C_s . \quad (4)$$

### Erodibilité du sol

Dans le modèle de WEPP (Water Erosion Prediction Project), l'érosion des surfaces inter-rigoles est exprimée sous la forme (Kinnell et Cumming, 1993)

$$E = KI^2S_f \quad (5)$$

Où,

E : taux d'érosion des inter-rigoles (kg/m<sup>2</sup>s),,

K : érodibilité du sol (kg/s.m<sup>4</sup>),

I : intensité de pluie (m/s),

S<sub>f</sub> : facteur de pente, lequel s'exprime par la relation 6.

$$S_f = 1,05 - 0,85e^{-4\sin\theta} \quad (6)$$

θ : angle, en degré, de l'inclinaison de la parcelle.

La concentration des sédiments dans le ruissellement s'exprime par l'équation 7.

$$C_s = q_s / q \quad (7)$$

Où,

q<sub>s</sub> : débit unitaire solide (kg/m.s),

q : débit unitaire liquide (m<sup>3</sup>/m.s)

C<sub>s</sub> : concentration des sédiments de l'écoulement des inter-rigoles.

La relation liant E et q<sub>s</sub> s'écrit :

$$E = q_s / L \quad (8)$$

Où,

L : longueur de la surface érodée dans la direction de l'écoulement (m).

La combinaison des équations 4, 5, 6 et 7 donne l'expression de l'érodibilité formulée en 9 :

$$K = q_s / LI^2S_f \quad (9)$$

La concentration des sédiments a été définie comme étant le rapport entre la masse sèche de sédiment sur le volume d'écoulement (Guy et al.,

1990 ; Abrahams et Atkinson, 1993).

$$C_s = \frac{m_s}{V_t} = \frac{m_s}{V_e + V_s} \quad (10)$$

En divisant le numérateur et le dénominateur par la largeur et le temps, l'expression 10 devient :

$$C_s = q_s / q_{mél} \quad (11)$$

Où,

$q_s$  : débit unitaire solide (kg/s.m)

$q_{mél}$  : débit unitaire du mélange en m<sup>2</sup>/s par mètre linéaire.

L'équation 9 devient alors :

$$K = \frac{q_{mél} C_s}{LI^2 S_f} \quad (12)$$

## PROCEDURE EXPERIMENTALE

Pour étudier d'une manière adéquate l'effet de la puissance de ruissellement sur l'érodibilité du sol, il faut reproduire à volonté des événements pluvieux manipulés et connus, de façon à pouvoir modifier et varier les paramètres de ce phénomène. La simulation de pluie est la procédure qui peut répondre à cet objectif. Le simulateur utilisé est de type ORSTOM (photo 1). Les précipitations artificielles ont été reproduites par ce simulateur en utilisant des buses d'aspersion, animées d'un mouvement pendulaire et ce mouvement est assuré par un moteur. Un manomètre permet de contrôler et manipuler la pression de l'eau afin de faire varier l'intensité de pluie simulée. Le bac de sol qui a servi à cette étude, a une longueur de 2m, une largeur de 0,5m et une profondeur de 0,15m. Le sol utilisé est un sol agricole remanié. La pente de la surface du sol est fixée à 3%. L'application de la pluie est réalisée aussitôt que la pente est fixée. Une fois la lame d'eau établie, nous faisons nos mesures. Nous collectons un volume du mélange dans un bécher de 1000 ml. Cette opération est reproduite toutes les 3 minutes (Fox et Bryan, 1999) jusqu'à la fin de l'essai. Un volume de 100ml du mélange est extrait dans des petits béchers en verre, lesquels sont mis dans une étuve à une température de 105°C

pendant 24h.

Une mesure du temps de parcours en quatre endroits, le long de bac, est faite pour mesurer la vitesse de l'écoulement de surface. Ces temps ont été déterminés par l'utilisation d'un colorant et un chronomètre de précision (Emmet, 1970 ; Abrahams et al., 1986 ; Pan et Shangguan, 2006).

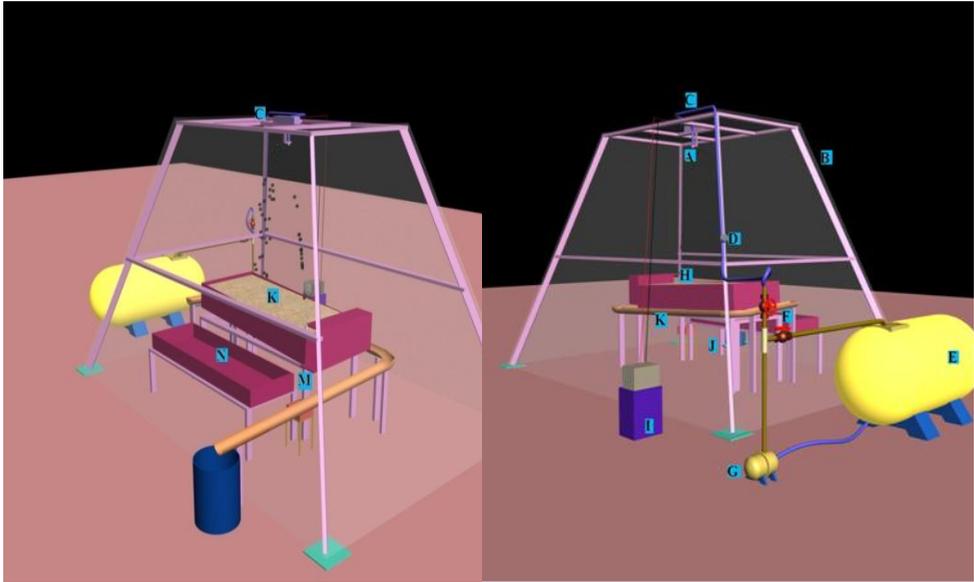
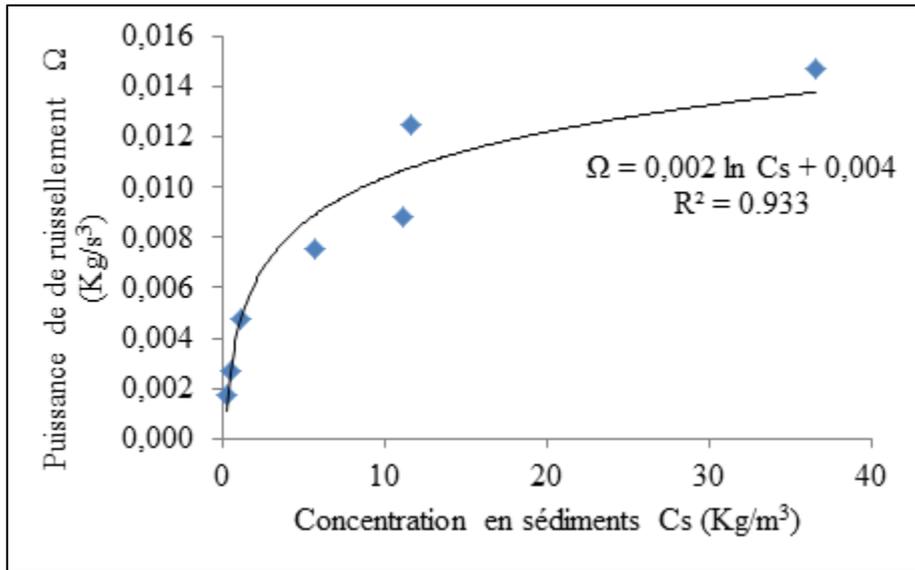


Photo 1 : Simulateur de pluie

## RESULTATS ET DISCUSSION

La puissance de l'écoulement a le pouvoir d'arracher et de transporter les particules du sol. Cette caractéristique est une fonction de plusieurs paramètres qui sont la pente, le débit de l'écoulement et de la densité volumique qui est en fonction de la concentration en sédiments. Torri et al. (1987) ont mentionné que lorsque la puissance de l'écoulement augmente les pertes en sol augmentent. La relation entre la puissance de l'écoulement et la concentration en sédiments est représentée sur la figure 1. L'évolution de la figure 1 est semblable à celle établie par Nearing et al. (1997). La relation est représentée par une loi logarithmique avec un coefficient de détermination  $R^2=0,93$ .



**Fig.1.** Relation entre la puissance de ruissellement et la concentration en sédiments

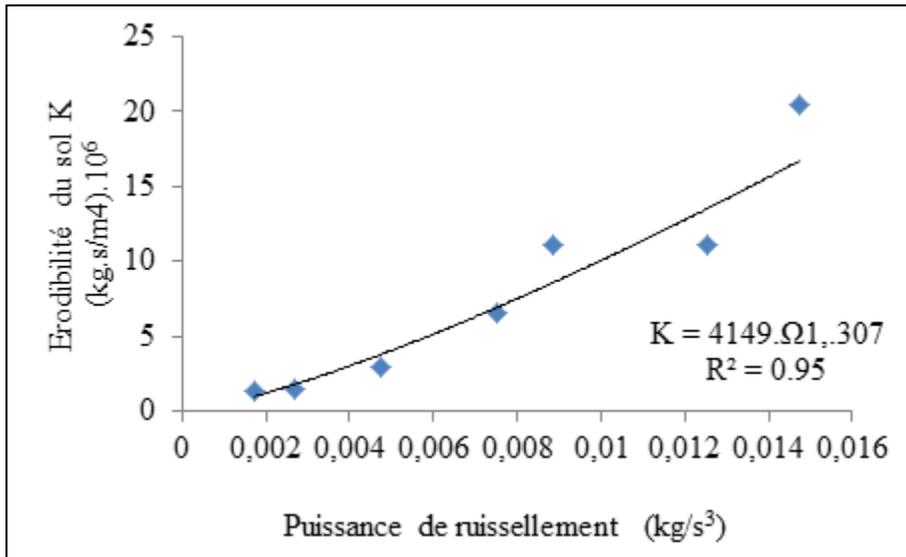
Le coefficient de détermination  $R^2=0,93$  montre bien que la concentration est hautement liée à la puissance de ruissellement en évoluant en fonction logarithmique.

La relation entre la puissance de ruissellement et l'érodibilité du sol est représentée sur la figure 2.

D'après nos résultats, on remarque que l'érodibilité du sol augmente avec l'augmentation de la puissance de ruissellement.

La relation est représentée par une loi puissance (Fig.2), soit :

$$K=4149 \Omega^{1,307} \text{ avec un coefficient de détermination } R^2 = 0,95.$$



**Fig.2.** Relation entre la puissance de ruissellement et l'érodibilité du sol

### CONCLUSION

Ce travail a permis de montrer que la puissance de ruissellement a un effet significatif sur l'érodibilité du sol et la concentration en sédiments. On peut conclure que :

- L'évolution de la puissance de ruissellement induit l'augmentation de la concentration en sédiments. La relation est représentée par une loi logarithmique
- La puissance de ruissellement est liée à l'érodibilité du sol par une fonction de puissance.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abrahams, A. D. & Atkinson, J.F., 1993. *Relation between grain velocity and sediment concentration in overland flows*. Water Resources Research, vol 29.N°9, pp. 3021-3028.

Abrahams, A.D., Parson, A.J. & Luk S.H., 1986. *Resistance to overland flow on desert hillslopes*. Journal of Hydrology, 88: 343-363.

Bagnold, R.A., 1966. *An approach to the sediment transport problem from general physics*. USGS Prof. Pap. 422.

- Ellison, W.D. (1947). *Soilerosionstudies*. Agricultural Engineering. V. 28, pp. 402-405.
- Emmett, W.W. (1970). *The hydraulics of overland flow on hillslopes*. Geological Survey professional. Paper 662-A.
- Fox, D.M. and Bryan, R.B. (1999). *The relationship of soil loss by interrill erosion to slope gradient*. Catena 38, pp 211-222.
- Govers Gerard, 1990. *Empirical relationships for the transport capacity of overland flow. Erosion, transport and deposition processes*. Proceeding of the Jerusalem Workshop, March-April 1987. IAHS Publ n° 189.
- Gilley, J. E., Woolhiser, D. A. & MCWorther, D. B. (1985). *Interrill soil erosion. I. Development of model equation*. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. 28, pp 147-153.
- Guy, B.J., Dickinson, W.T. & Rudra, R.P. (1990). *Hydraulics of sediment-laden sheet flow and the influence of simulated rainfall* Earth surface Processes and Landforms, Vol. 15, pp 101-118.
- Kinnell P.I.A. & D. Cummings, 1993. *Soil/slope gradient interactions in erosion by rain-impacted flow*. Amer. Soc. of Agric. Engineers. 36, pp 381-387.
- Nearing M.A., L.D. Norton, D.A. Bulkakov, G.A. Larionov L.T. West. & d Dontsova K.M. (1997). *Hydraulics and erosion in eroding rills*. Water Resources Research, vol. 33, No. 4 pp 865-876.
- Pan, C. & Shangguan, Z. (2006). *Runoff hydraulic characteristics and sediment generation in sloped grassplots under simulated rainfall conditions*. Journal of Hydrology 331: 178-185.
- Torri, D., Sfalanga, M., Chisci, G. (1987). *Threshold conditions for incipient rilling*. Catena 8, pp 97-107, Supp. Bd.
- Van Dijk, A.I.J.M., Bruijnzeel, L.A. & Rosewell, C.J. (2002). *Rainfall intensity – kinetic energy relationships: a critical literature appraisal*. Journal of Hydrology; pp 261: 1-23.

&&&&&