

## **Fonctionnement hydro sédimentaire d'un aménagement de banquettes anti-érosives en courbes de niveau en zone semi-aride (El Gouzine, Tunisie Centrale)**

**AL ALI\* Y., NASRI\*\* S., ZANTE\* P., TOUMA\* J. et ALBERGEL\* J.,**

*\* IRD, UMR LISAH, 2 place Viala 34060 Montpellier France*

*\*\* INRGREF, BP Ariana 2080 Tunisie*

### **Abstract**

This study is concerned with monitoring the water and sediment balances at the scale of a hill slope managed with contour ridges. The aim is to establish a database to understand the processes involved and arrive at a hydrological model at the hill slope scale.

Contour ridges are earthen ridges, 1 to 1.5 m high, with an upslope furrow which accommodates runoff from a catchment strip between the ridges. These hydraulic works are used to control water erosion and to intercept rain water on agricultural and wastelands. The functions of contour ridges is to decrease the length of hillside slope thereby reducing sheet and rill erosion, preventing the formation of gullies and increasing water infiltration in the soil by retaining runoff and provide a built in safety factor for rains of high intensity.

### **Introduction**

L'érosion des terres cultivées dans les zones méditerranéennes semi-arides d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient est exacerbée par l'agressivité du climat, le manque du couvert végétal, la pression démographique et mise en culture ancienne des sols, entre autres (Roose, 1994). Pour limiter les pertes de leur capital sol et protéger leurs ressources en eau, les pays de cette région ont testé plusieurs techniques anti-érosives parmi lesquelles (i) des lacs et barrages collinaires (ii) (Roose, 1994) des rectifications de ravins, (iii) des banquettes anti-érosives. Cette dernière a été largement appliquée en Tunisie (environ 1M ha, Nasri, 2002). Ces banquettes sont des levées de terre suivant les courbes de niveau, réduisent la longueur du ruissellement et contribuent à améliorer l'infiltration et limiter l'érosion. Les techniques de construction et entretien de ces ouvrages sont bien documentées. A l'échelle du bassin versant élémentaire quelques travaux ont montré que lorsque les surfaces traitées occupent 40% des versants, il y a une nette diminution des débits liquides et solides à l'exutoire (Nasri et al., 2004). Cependant, très peu de travaux sont disponibles à l'échelle de l'aménagement lui-même et notamment son fonctionnement hydrologique et son impact sur le bilan en eau et en matières transportées.

Ce travail décrit un dispositif mis en place pour étudier le fonctionnement de cet aménagement: la banquette avec son fossé et l'espace inter-banquettes. Nous présentons les résultats acquis après une année d'observations. L'efficacité de l'aménagement est jugée par comparaison des bilans hydro-sédimentaires sur une jachère et un sol travaillé.

### **Méthodes et matériel**

Le site expérimental se trouve dans le petit bassin versant du lac collinaire d'El Gouazine (18.1 km<sup>2</sup>) dans le Gouvernorat de Kairouan au centre de la Tunisie. Les pluies annuelles sont très irrégulières et très variables autour d'une moyenne de 390 mm. Les averses sont caractérisées par

de fortes intensités dépassant souvent 100 mm/h en 5 minutes. Dans la partie aval du bassin, où se trouve le site d'étude, les sols sont alluviaux profonds sablo-argileux.. En 1996 et 1997, 40% de la surface du bassin a été aménagée en banquettes mécaniques. Ce qui représente la plus grande partie cultivée du bassin. La figure 1 montre le schéma type d'une banquette mécanique.

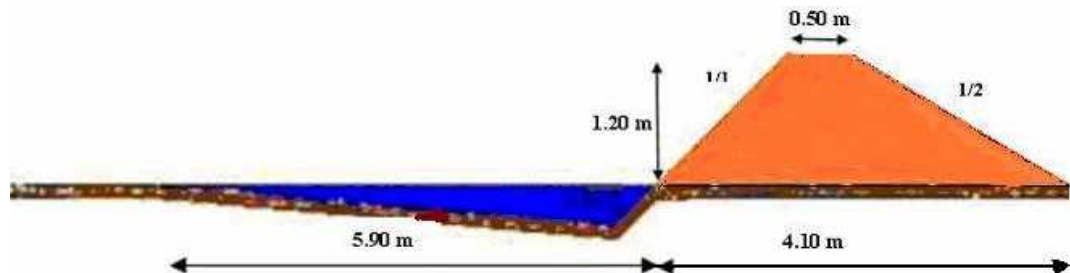


Figure 1 : Schéma de section de la banquette

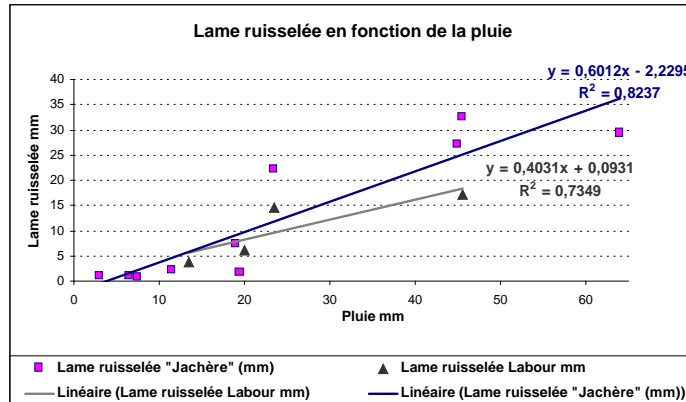
Deux parcelles contiguës d'environ 2900 m<sup>2</sup> chacune, aux caractéristiques morpho-pédologiques similaires ont été délimitées dans le site. La première dans une terre laissée en jachère depuis une dizaine d'années et l'autre dans un champ cultivé et donc au sol travaillé. Elles sont limitées en amont et en aval par les mêmes talus. Le canal de chaque parcelle est équipé d'une station hydrométrique et d'un déversoir en V pour un éventuel débordement. Un pluviographe est installé entre les deux parcelles. Par ailleurs, l'évaporation est mesurée dans un bac type ORSTOM installé sur le lac à l'exutoire du bassin.

Les bilans en eau et sédiments sont suivis dans le canal de chaque parcelle. Une topographie fine (0.5 x 1) m<sup>2</sup> est effectuée avant la saison de pluie. Elle est remise à jour après chaque événement pluvieux qui a apporté un dépôt sédimentaire. Elle permet de calculer à la fois les volumes d'eau et de sédiments. Pour calculer les volumes d'eau, la topographie est combinée à l'enregistrement de la cote du plan d'eau en amont de la banquette. La cinétique du ruissellement sur l'espace inter-banquettes est ainsi reconstituée à partir de celle du volume moyennant l'hypothèse d'un processus hortonien de ruissellement, hypothèse justifiée par la grande profondeur de la nappe sur le site (Albergel et al., 2003). Le débit de ruissellement de l'espace inter-banquette est alors calculé sur le pas de temps de la mesure de la hauteur d'eau en appliquant la loi de conservation de la masse appliquée aux volumes d'eau (Albergel et Rejeb, 1997) et en négligeant les volumes infiltrés et évaporés dans le canal ainsi que le volume ruisselé sur le talus amont de la banquette au cours de l'évènement. Quant aux sédiments stockés dans le canal, la comparaison des modèles numériques de terrain (MNT) issus des topographies du canal avant et après l'évènement permet de repérer les zones de pertes en sol (abrasion du fossé) ou dépôts de terre (sédimentation de terres érodées). L'érosion est alors estimée à partir du bilan entre volumes perdus et gagnés et de la densité apparente des dépôts.

**Résultats Les bilans en eau :** Au cours de l'année d'observation, onze événements de ruissellement ont été enregistrés sur la parcelle en jachère, alors que dans la parcelle labourée seuls quatre événements ont occasionné un ruissellement. Ceci met en évidence la différence significative de la cinétique du ruissellement sur les deux modalités. En effet, alors que le coefficient de ruissellement annuel sur la modalité jachère est de 31%, il ne dépasse pas 9 % sur le labour. Cependant, ramenés aux évènements ruisselants, ces coefficients sont de 60 % et 40% respectivement comme le montre la figure 2. Ces résultats doivent toutefois être relativisés en

raison du faible nombre de points surtout en ce qui concerne la parcelle labourée. Le débit d'infiltration journalière estimé dans chaque modalité après déduction de l'évaporation a montré une capacité d'infiltration beaucoup plus forte sur le canal de la modalité labourée dont l'entretien n'est pourtant pas différent de la modalité jachère. Ceci est probablement dû à une activité de la méso faune du sol beaucoup plus importante dans le talus et dans le canal de cette modalité, liée à la culture sur l'inter-banquette.

Figure 2 :  
 ruissellements  
 « Jachère » et



Comparaison entre  
 sur les modalités  
 « Labour »

**Les bilans en sédiments :** Les bilans annuels sont obtenus en calculant les volumes entre les MNT de Juillet 2004 et Juillet 2005 en limitant le calcul à la surface du canal où s'accumulent les sédiments (figure 3). Le tableau (1) récapitule les bilans sédimentaires massiques pour la première année d'observation dans les deux parcelles. Ces bilans font apparaître un dépôt de 6 m<sup>3</sup> dans le canal de la modalité « Jachère » et de 4 m<sup>3</sup> dans celui de la modalité labourée. Ce qui correspond à une érosion spécifique de 24 t/ha et de 15 t/ha. L'érosion rapportée au millimètre de pluie est pratiquement 2 fois plus importante sur la modalité jachère alors que c'est l'inverse qui se produit lorsqu'elle est rapportée au mm de ruissellement. Ce résultat montre l'ambivalence des facteurs de l'érosion. En effet, bien que le labour fragilise les sols, il limite l'érosion en favorisant l'infiltration.

**Tableau (1) :** bilans hydro-sédimentaires annuels dans les deux parcelles

| Modalité | Pluie cumulée (mm) | Lame totale ruisselée (mm) | Erosion spécifique 2004 -2005 (t/ha/an) | Erosion /ha / mm de pluie, (kg/mm/ha/an) | Erosion /ha / mm de ruissellement, (kg/mm/ha/an) |
|----------|--------------------|----------------------------|---|--|--|
| Jachère  | 463,8              | 143,7                      | 24                                      | 51,6                                     | 167,1  |
| Labourée |                    | 42,7                       | 15                                      | 32,3                                     | 351,2  |

Les volumes de dépôts obtenus entre MNT successifs sont relativement faibles en valeur absolue et parfois négatifs, ce qui laisserait penser à une érosion dans le canal. N'ayant pas observé de débordement, il est légitime de penser que la précision de la méthode de mesure ne permet pas l'évaluation de l'apport entre deux crues. L'incertitude sur le nivellement calculée selon Collinet et Zante (2005) est de l'ordre de 0,01 m pour un intervalle de confiance 95% qui se traduit par une incertitude sur les volumes de 4,5 et 3,5 m<sup>3</sup> respectivement pour les modalités jachère et labour. Cette précision montre que la méthode par nivellement du fossé est justifiée pour mesurer des dépôts conséquents mais son application entre les averses est sujette à caution. Elle

s'applique soit à l'échelle annuelle pour les années de bonne hydraulicité soit à l'échelle pluriannuelle.

### Conclusion

Le dispositif expérimental présenté dans cette communication a permis d'évaluer les bilans hydro-sédimentaires dans un espace inter-banquettes sur deux modalités du système de culture des versants méditerranéens semi-arides. Il a mis en évidence l'importance du mode d'occupation du sol sur les processus de ruissellement et d'érosion et permis de quantifier l'effet de la banquette à l'échelle de la parcelle. Lorsque les transferts d'eau et de sédiments restent limités aux espaces inter-banquettes, l'étude est facilement transposable. Pour cela, il faut concevoir une modélisation capable de simuler les flux de ruissellement et d'érosion en fonction des données pluviométriques et des caractéristiques du versant. Dans cette optique, des expérimentations en cours de traitement permettront l'élaboration d'un tel modèle qui pourra être calibré et validé à partir des données présentées et analysées dans cet article.

### Références

- Albergel, J., Moussa, R. and Chahinian, N., 2003. Les processus hortonien et leur importance dans la genèse et le développement des crues en zones semi-arides. *Houille Blanche*, 6: 65-73.
- Albergel J. and Rejeb N., 1997. Les lacs collinaires en Tunisie : Enjeux, contraintes et perspectives. *CR. Acad. Agric. Fr. Note présentée par J. ALBERGEL. Discussion pp. 101-104., pp. 77-88.*
- Collinet J. and Zante P., 2005. Analyse du ravinement de bassins versants à retenues collinaires sur sols à fortes dynamiques structurales (Tunisie). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 1: 61-74.
- Nasri S., 2002. Hydrological effects of water harvesting techniques. A study of tabias, soil contour ridges and hill reservoirs in Tunisia, Lund Sweden, 76 + 5 articles an pp.
- Nasri S., J-M. Lamachère and Albergel, j., 2004. Impact des banquettes sur le ruissellement d'un petit bassin versant. *Revue des sciences de l'eau*, 17/2: 265-289.
- PNUE-Plan Bleu (2003). Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens Etude Bibliographique, Les Cahiers du Plan Bleu 2. Sophia Antipolis: 80.
- Roose E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin Pédologique de la FAO 70*. FAO, Rome.

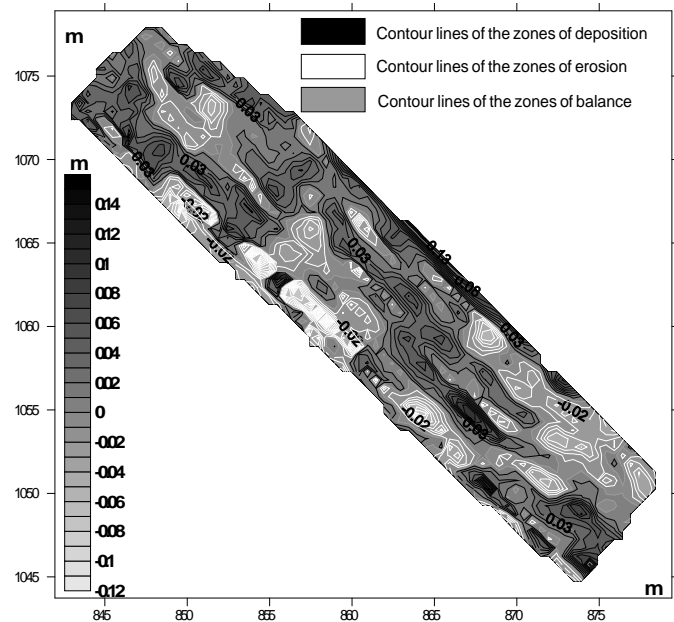


Figure3 : Carte érosive du canal de la parcelle labourée entre juillet 2004 et juillet 2005