

**MODELISATION DU RUISSELLEMENT A L'ECHELLE DE RAVINES ELEMENTAIRES DANS
LES TERRES NOIRES SUR LE B.V.R.E. DE ST GENIS (HTES ALPES, FRANCE)**

BUFALO M.(*), OLIVEROS C.()**

* - Université Aix marseille III ,lab. géol. dyn. pétro. surf..

** - B.R.G.M., Dept.Environment.

1- INTRODUCTION

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de l'érosion des Terres Noires, dans la région des Alpes du Sud (Projet BV PACA - BRGM/ORSTOM).

Cette étude a été effectuée sur le Bassin Versant Représentatif Expérimental (BVRE) de St Génis. L'analyse et la quantification des processus d'érosion a été menée à l'échelle de ravines élémentaires non végétalisées, caractéristiques des zones en cours de ravinement intense (ou Badlands).

D'une façon schématique, les processus d'érosion peuvent être décomposés en deux phases successives :

- une phase de production d'éléments dissous ou de particules solides;
- et une phase de transport.

Le ruissellement constitue l'agent de transport majeur des produits de l'érosion, sans l'intervention duquel aucune érosion significative ne peut être mise en évidence à l'exutoire d'une ravine élémentaire.

Ainsi, l'étude de la formation du ruissellement a constitué un des volets de recherche du projet BV PACA.

2 - CONTEXTE GENERAL DES RAVINES ETUDIEES

a) lithologie et altération.

Le BVRE de St Génis est implanté dans les niveaux marneux du Callovien inférieur et moyen. La fraction argileuse représente entre 32% et 47% de la roche totale.

A la surface des versants, les marnes présentent une couche d'altération décimétrique. Cet horizon est le résultat de l'interaction d'agents d'altération météorique (gel/dégel, humectation/dessication ...). Ce manteau d'altérites se caractérise par une destructuration progressive de la roche vers la surface. Cette destructuration s'accompagne d'une diminution de la densité apparente et de ce fait d'une augmentation de la porosité. Cet état de texture va faciliter l'infiltration des eaux pluviales et la mise en solution d'éléments chimiques lors de l'écoulement hypodermique. De plus, il facilite la détachabilité des particules solides en surface.

b) présentation des ravines : échelle et morphologie.

Les ravines étudiées sont caractérisées par des superficies comprises entre 200 m² et 2000 m². Elles présentent une forme allongée (L/1 = 2.5).

Les versants des ravines présentent des pentes supérieures à 30° et une rugosité de surface très faible, de l'ordre de 3%.

3 - ETUDE DU RUISSELLEMENT A L'ECHELLE DES RAVINES.

a) apparition du ruissellement

Les données pluviométriques et limnigraphiques ont permis de rechercher les conditions d'apparition du ruissellement à l'échelle d'une ravine de 1620 m². Toutes choses étant égales par ailleurs, l'apparition du ruissellement est en relation avec l'état d'humidité du sol avant l'averse et avec la hauteur d'eau précipitée. Le seuil de hauteur d'eau nécessaire à l'apparition du ruissellement, ou pluie limite (P_{lim}), évolue de façon significative avec l'état de sécheresse du sol, et donc en première approximation avec la durée de la période de sécheresse initiale (T_s).

Après analyse des données de terrain, P_{lim} peut être défini en fonction de T_s par l'équation :

$$P_{lim} = 3 \cdot T_s^{0.4}$$

P_{lim} en mm
 T_s en jours

b) Les simulations de pluie de terrain.

Le simulateur de pluie utilisé dans cette étude est le mini simulateur ORSTOM. Les essais ont portés sur des parcelles de 1 m².

Les caractéristiques des parcelles testées sont les suivantes:

- pente comprise entre 22° et 36°
- pierrosité comprise entre 40% et 83%
- couverture végétale inférieure à 3%
- croûte de battance comprise entre 16% et 40%
- rugosité de l'ordre de 3%

Cet état de surface des parcelles ne varie pas au cours des simulations, et représente un état d'équilibre naturel.

Les simulations de pluie ont été réalisées sur des durées variant entre 30mn et 60mn et avec des intensités de pluie comprises entre 37mm/h et 53mm/h.

L'analyse des hydrogrammes a mis en évidence:

- la précocité d'apparition du ruissellement. Il apparait entre 45 sec et 6mn après le début de la pluie. La pluie d'imbibition est comprise entre 0.5 mm et 4 mm.

- la capacité d'infiltration au palier (F_n) est faible et apparait liée à l'état d'humidité initial du sol. Sur sol sec, la valeur de F_n est en moyenne de 5 mm/h. Cette valeur tend à diminuer lorsque l'humidité du sol augmente. Sur les différentes parcelles testées, la valeur minimum moyenne est de $F_n = 1.7$ mm/h.

La précocité du ruissellement est en relation avec l'absence de végétation, la faible rugosité de surface, la présence d'une croûte de battance et les fortes pentes.

La diminution de F_n avec l'augmentation de l'humidité du sol est expliquée par le phénomène de gonflement des argiles (smectites et interstratifiées illites/smectites).

c) les simulations de pluie en laboratoire.

Les simulations de pluie en laboratoire ont été effectuées sur des parcelles de 0.25 m². Le matériau testé correspond à des échantillons prélevés au sein du manteau d'altérites.

Les résultats obtenus confirment ceux obtenus sur le terrain, ce qui encourage à développer cette technique plus facile à mettre en oeuvre et moins dépendante des conditions climatiques (vent, pluie,...)

4 - RECONSTITUTION DES DEBITS DE CRUE EN FONCTION DES HYETOGRAMMES.

a) Intérêt.

La reconstitution des débits de crue permet de palier aux difficultés de mesure des débits liquides dans les Badlands :

- écoulements non pérennes
- écoulements hyperconcentrés (jusqu'à 500g de MES /l)
- colmatage des stations de contrôle et détérioration des appareils de mesure.

b) Modélisation.

■ Notion de pluie nette (Pnet) : c'est la fraction de la pluie qui participe au ruissellement superficiel direct.

Si Ptot représente la hauteur de précipitation totale, le bilan hydrologique correspondant peut être représenté par l'équation :

$$P_{tot} = L + E + F + S + P_{net} \quad \text{avec :}$$

L = interception par la couverture végétale,

E = évaporation

F = infiltration

S = stockage superficiel (flaques)

A l'échelle des ravines élémentaires étudiées, cette équation, où les facteurs L, S et E peuvent être négligés (pas de végétation, faible rugosité, fortes pentes), conduit à :

$$P_{net} = P_{tot} - F$$

■ Quelle valeur adopter pour Ptot ?

La pluie totale est considérée ici comme la hauteur d'eau tombée au delà de la pluie limite (P_{lim}).

■ Quelles valeurs adopter pour F ?

Au cours d'une averse la capacité d'infiltration F évolue en fonction de l'état d'humidité du sol.

L'absence d'information sur l'état d'humidité du sol, conduit en pratique à considérer pour le calcul de la pluie nette, les valeurs d'infiltration minimum (Fn) obtenues par simulation de pluie sur sol sec (Fn=5mm/h) et sur sol humide (Fn=1.7mm/h). Ces deux valeurs, introduites dans l'équation " Pnet = Ptot - Fn ", permettent d'encadrer la valeur réelle de la pluie nette

■ Reconstitution des débits

Les dimensions réduites des ravines étudiées et les fortes pentes des versants, conduisent à des temps de concentration très faibles (quelques dizaines de secondes). Ainsi l'hydrogramme de ruissellement se déduit directement du hyétogramme de la pluie nette.

Cette méthode permet d'évaluer, à l'échelle des ravines, le ruissellement superficiel direct. Ainsi elle permettra de déterminer les débits de crue, si le ruissellement superficiel direct constitue la part essentielle du ruissellement total (ruissellement superficiel + hypodermique).

c) Application à la pluie du 13/10/1988

La validité de cette méthode a pu être contrôlée sur l'averse du 13 Octobre 1988, où les débits liquides ont pu être mesurés avec précision (seau et chronomètre) à l'aval d'une ravine de 262m².

Les eaux de ruissellement recueillies à l'exutoire sont un mélange d'eaux de ruissellement direct et d'eaux issues de l'écoulement hypodermique.

Les mesures de la conductivité électrique (représentative de la minéralisation) des eaux recueillies en cours de crue, font apparaître une relation inverse débit/conductivité (figure 1) :

$$\text{conductivité } (\mu\text{S/cm}) = 211 Q^{-0.86} + 280 \quad \text{avec } Q \text{ exprimé en l/s/ha}$$

Cette relation s'explique par le fait que lors d'une averse, l'augmentation du débit liquide s'accompagne de l'augmentation du rapport " ruissellement superficiel direct (faible conductivité) " / " écoulement hypodermique (forte conductivité) "

Au cours de la crue du 13/10/88, la prédominance de valeurs de conductivité relativement faibles, indique la part essentielle des eaux de ruissellement superficiel direct dans l'écoulement total (figure 1)

L'observation des hydrogrammes de la pluie nette et des débits mesurés montre une évolution simultanée. Les pics d'intensité de pluie et de débits coïncident. L'hypothèse d'un temps de concentration quasi-instantanée est acceptable (figure 2).

Il apparaît sur cet exemple que la considération de 2 seuils de capacité d'infiltration minimum, permet d'obtenir deux hydrogrammes qui enveloppent de façon satisfaisante l'hydrogramme de crue mesuré.

S'appuyant sur des modèles classiques, simplifiés ici du fait de la "simplicité du bassin versant", et utilisant des paramètres obtenus sur le terrain (simulations de pluie -Fn-, mesures hydroclimatiques -P_{1.1m}-), la méthode présentée permet d'obtenir à l'échelle d'averses, une bonne estimation du ruissellement.

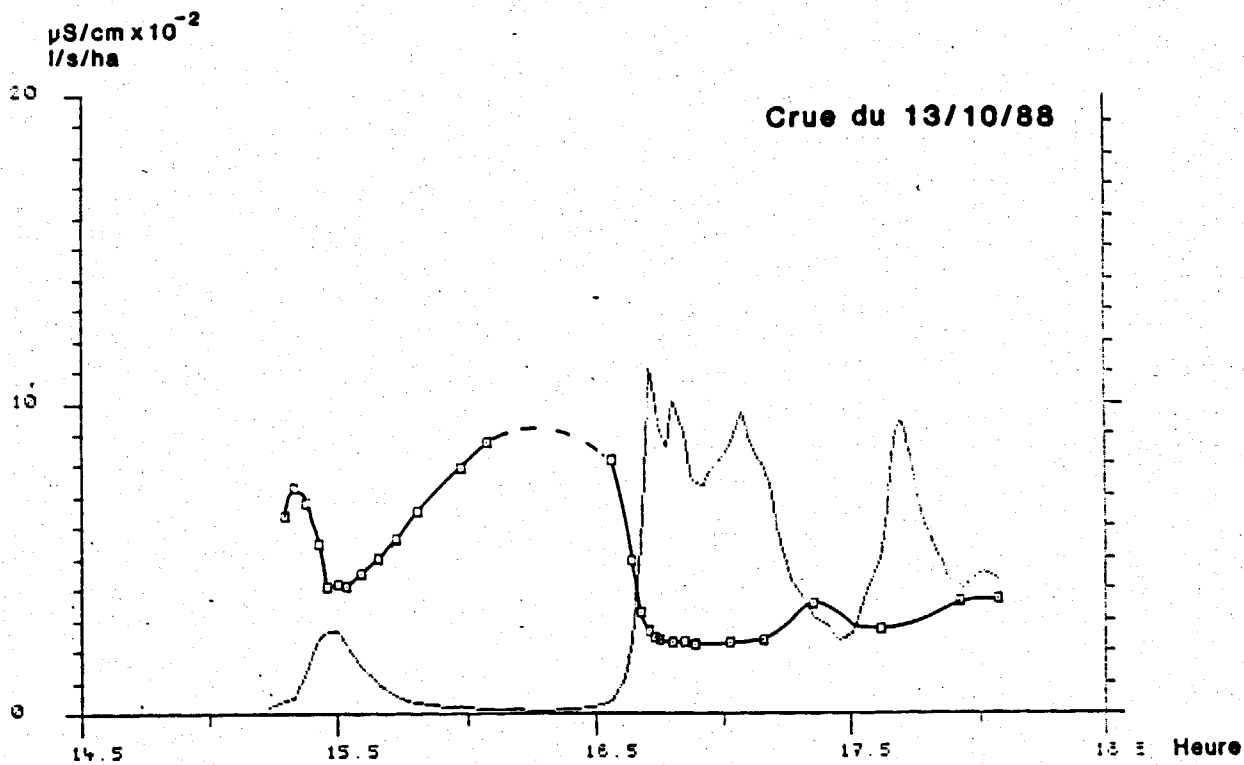


figure 1 - Evolution de la conductivité électrique des eaux de ruissellement sur une ravine élémentaire de 262 m² sur le B.V.R.E de ST GENIS au cours de la crue du 13/10/88.

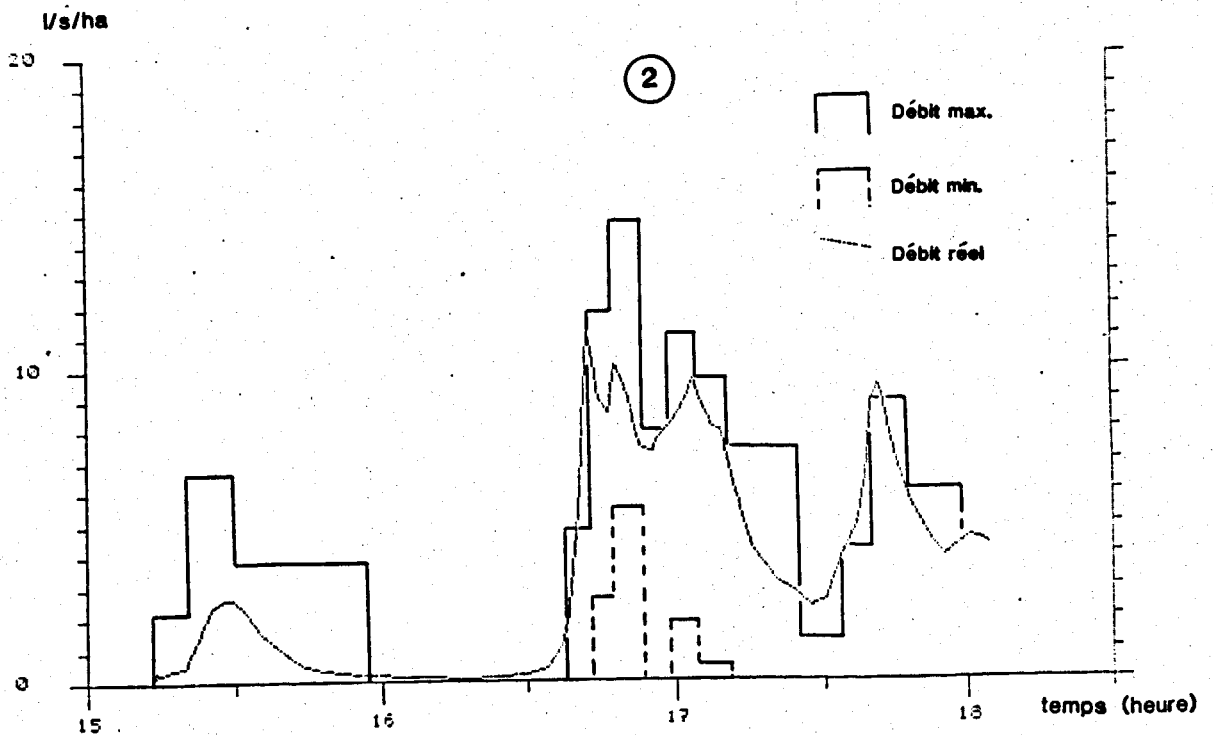
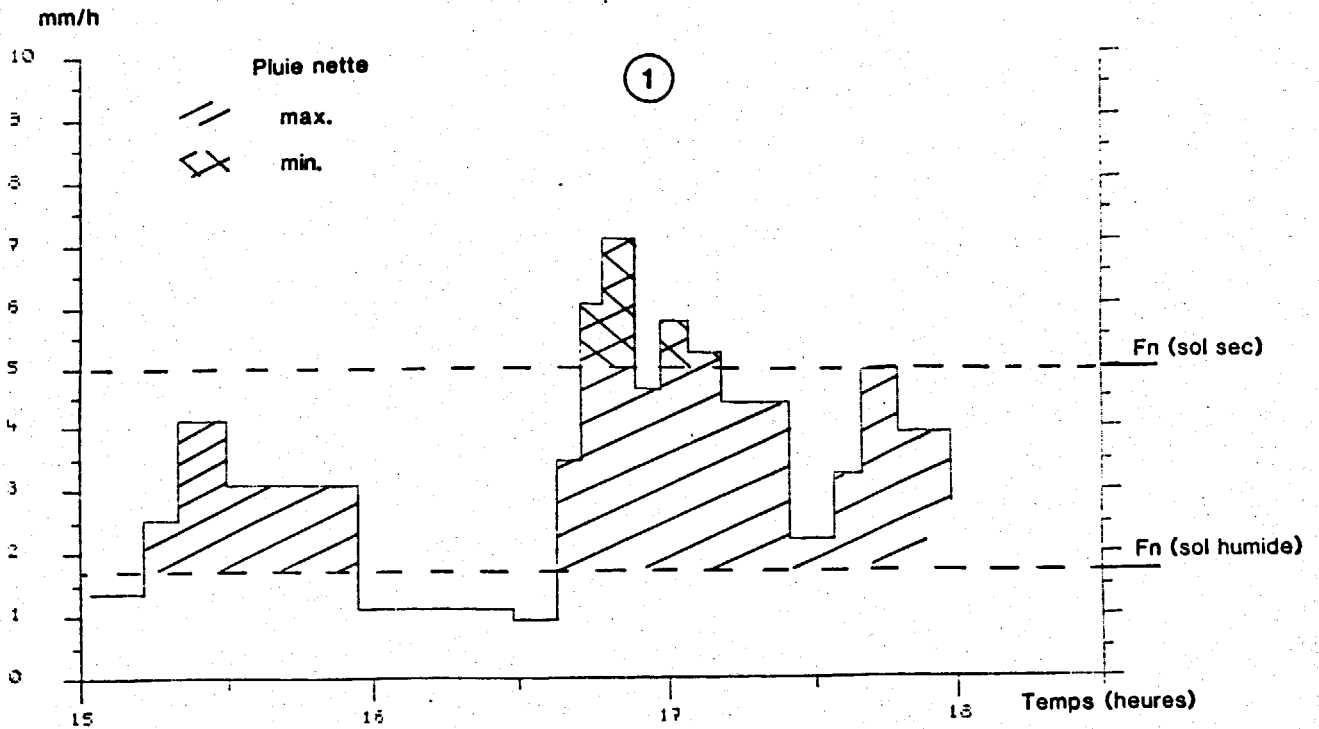


figure 2 - Exemple de reconstitution des débits de crue au cours de l'averse du 13/10/88 sur une ravine élémentaire.

- 1 - Hydrogramme de pluie et de pluie nette.
- 2 - Hydrogramme de ruissellement et estimation des débits liquides à partir de l'hydrogramme de la pluie nette sur sol sec (débit min.) et sur sol humide (débit max.).

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Bufalo, M.; Oliveros, C. - Modélisation du ruissellement à l'échelle de ravines élémentaires dans les terres noires sur le B.V.R.E. de St Génis (Hautes Alpes, France), pp. 39-44, Bulletin du RESEAU EROSION n° 10, 1990.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr