

ESSAI DE CARACTERISATION HYDROLOGIQUE D'UN PETIT
BASSIN VERSANT AGRICOLE A PARTIR DE LA SIMULATION DE PLUIE

J.-J. GRIL*, F. JARRY*, C. MICHEL**, M. NORMAND**

RESUME

Le bassin versant expérimental de l'ORGEVAL, situé sur le plateau limoneux de la Brie et suivi depuis 1962 par le CEMAGREF, a été choisi pour tester la simulation de pluie comme technique d'étude de l'hydrologie de petits bassins versants agricoles.

A partir d'une centaine d'essais effectués en 1984-1985 sur un sous-bassin de 80 ha, on tente de retrouver la relation pluie-écoulement observée.

Les premiers résultats montrent l'extrême variabilité du ruissellement sur les terres agricoles en fonction du type de culture, d'état de surface et d'humidité du sol.

* CEMAGREF - Division Qualité des Eaux, ANTONY

** CEMAGREF - Division Hydrologie Hydraulique - ANTONY

1 - LES OBJECTIFS DES EXPERIMENTATIONS

Le bassin versant représentatif et expérimental de l'ORGEVAL géré par le CEMAGREF a été le cadre de nombreuses études hydrologiques. Situé sur le plateau de Brie en Seine-et-Marne (voir figure 1), il draine une surface de 102 Km² en zone de limons profonds et homogènes, relativement pauvres en argile et non carbonatés. Cette région traditionnellement vouée à l'élevage laitier s'est peu à peu transformée des années 50 à nos jours en zone de grande culture céréalière.

L'estimation quantitative du ruissellement et de l'érosion sur les petits bassins versants agricoles de ce type est difficile. Aussi en 1984 une nouvelle étude a été envisagée pour apprécier la variabilité spatiale du ruissellement sur les terres cultivées, classer les associations sol-culture du point de vue du ruissellement et tenter de retrouver la relation pluie-écoulement réelle à partir d'essais de pluie simulée.

L'expérimentation a lieu sur un petit sous bassin de 80 ha (voir figure 2: Bassin de Butheil), homogène du point de vue pédologique et drainé à 90 % où ont été réalisées une centaine de simulations de pluie à l'aide d'un simulateur de pluie du type ORSTOM légèrement modifié.

2 - LES EXPERIMENTATIONS

Le ruissellement étant un phénomène non prépondérant sur ce type de sol, nous avons choisi de reproduire une pluie de 45 mm à une intensité de 60 mm/h, ce qui représente une pluie journalière de fréquence décennale mais appliquée en un temps court. On devra donc considérer cette pluie comme un test permettant de différencier plusieurs types de situation et non comme la reproduction d'un évènement naturel.

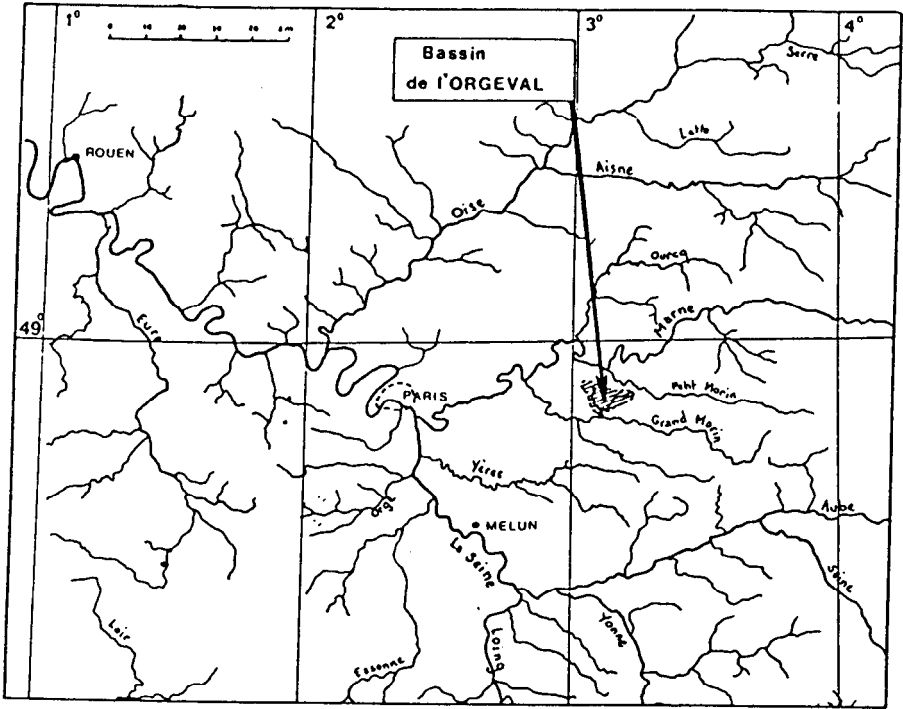
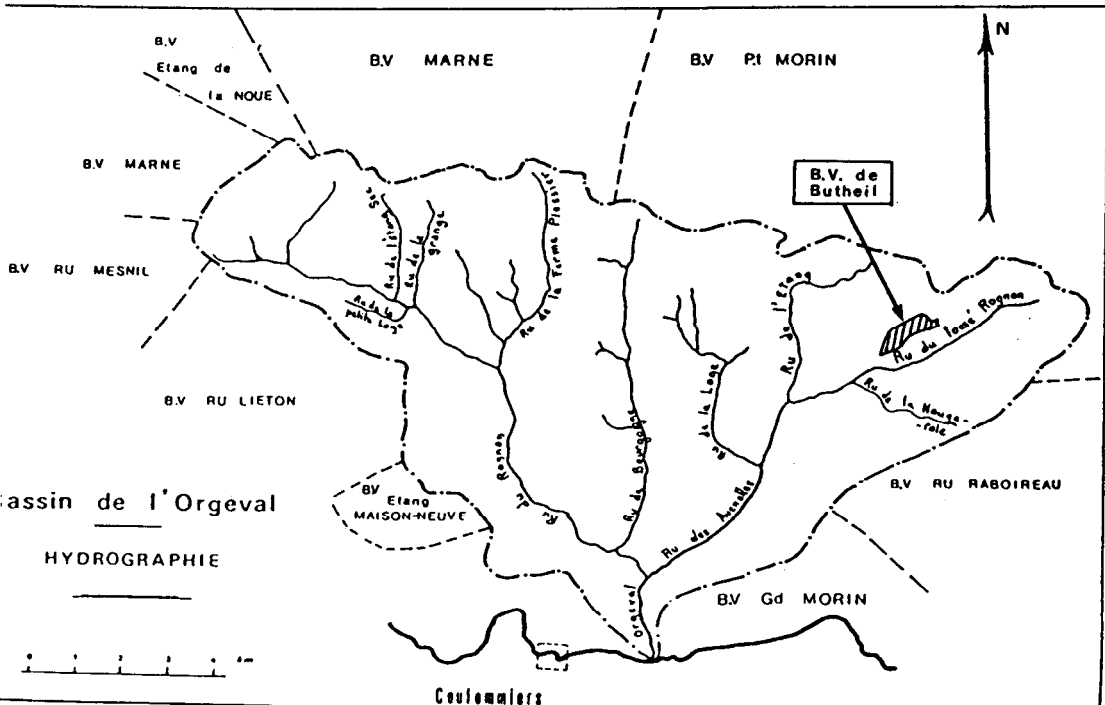


Fig. 1



Les paramètres relevés pour l'analyse des différents sites d'expérimentation sont les suivants :

- Rugosité de surface qui représente le microrelief de la surface du sol dû aux façons culturales et son éventuelle modification par les agents que sont les pluies, le gel et les agents biologiques notamment. Cette rugosité est appréciée visuellement en 5 classes allant du labour au sol nu dépourvu d'aspérités.
- Taux de recouvrement de la végétation.
- Présence ou absence de drains enterrés.
- Pente.
- Type de culture réparti en 4 grandes classes, cultures d'hiver, cultures de printemps, situations après récolte se divisant en 2 sous classes : récolte de maïs ou betterave (sols très tassés par les engins de récolte), ou chaumes de blé, orge ou pois (sols peu tassés par les engins de récolte).
- Profil d'humidité pondérale par couches de 10 cm jusqu'à 80 cm de profondeur (méthode gravimétrique).
- Analyses de sol (texture, matière organique, stabilité structurale).

Au cours de la simulation de pluie, on mesure les volumes écoulés à un pas de temps 5 mn et on prélève en fin d'essai un échantillon moyen d'eau de ruissellement afin de mesurer les matières en suspension.

Pour chaque essai, on calcule le coefficient de ruissellement obtenu $Kr \% = \frac{V}{P}$

V = volume d'eau recueillie par ruissellement

P = apport d'eau au cours de l'essai.

Les essais ont porté sur 39 semis d'hiver, 30 semis de printemps, 23 situations après récolte, 3 labours et 1 blé avant montaison.

3 - LES RESULTATS

Les histogrammes des figures 3 à 5 montrent la variabilité des coefficients de ruissellement au cours des essais avec une prédominance des coefficients de ruissellement faibles. La valeur moyenne des Kr est à 30 % tandis que la médiane se situe à 25 %. Il faut noter ici l'importance des situations après récolte notamment chaumes de maïs et de betteraves pour lesquelles les Kr sont très élevés. Beaucoup plus instructive est la comparaison cultures d'hiver, cultures de printemps. En fait, il s'agit de semis levés dont les taux de recouvrement sont faibles et atteignent au maximum 25 %.

Sur semis d'hiver le ruissellement observé varie de 0 à 92 %, si la moyenne se situe à 25 % la médiane est à 5,5 %. Sur semis de printemps la variabilité est encore très grande mais la moyenne et la médiane se situent respectivement à 38 et 39 %.

Ces résultats montrent qu'il existe une différence importante de susceptibilité du sol au ruissellement entre cultures d'hiver et de printemps. Si l'on observe la répartition des classes de rugosité d'une part sur l'ensemble des essais effectués et selon les deux types de semis, printemps et hiver d'autre part (fig. 6 à 9), on peut faire les remarques suivantes : les deux classes extrêmesont

VARIABILITE DU RUISSELLEMENT

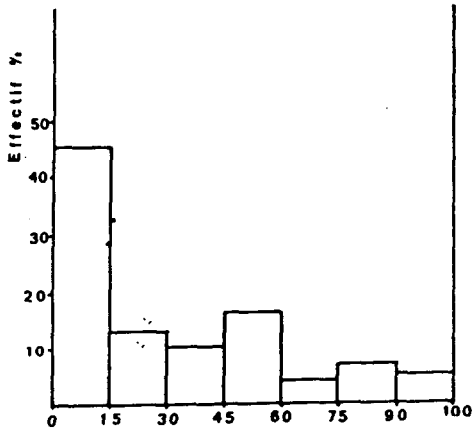


Fig.3 ENSEMBLE DES ESSAIS Kr %

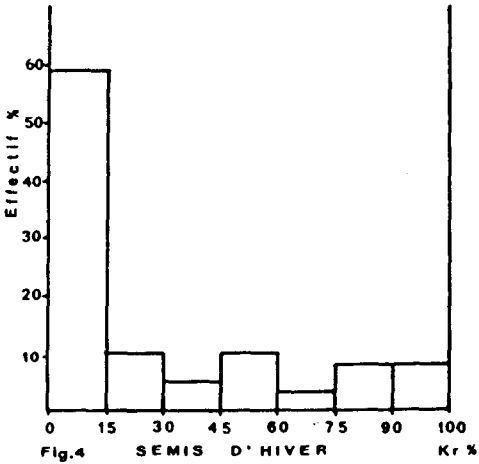


Fig.4 SEMIS D'HIVER Kr %

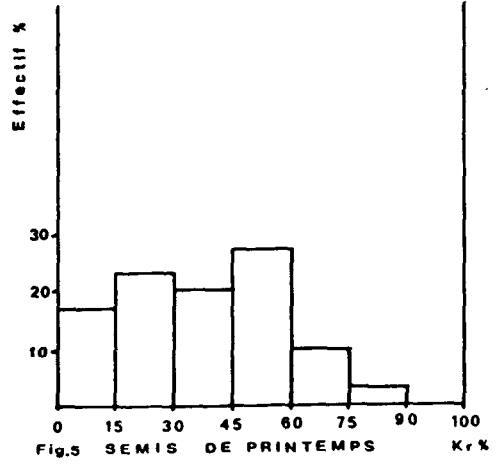


Fig.5 SEMIS DE PRINTEMPS Kr %

REPARTITION TYPE DE CULTURE-RUGOSITE

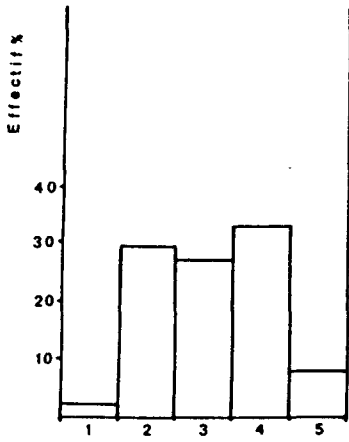


Fig. 6 ENSEMBLE DES ESSAIS

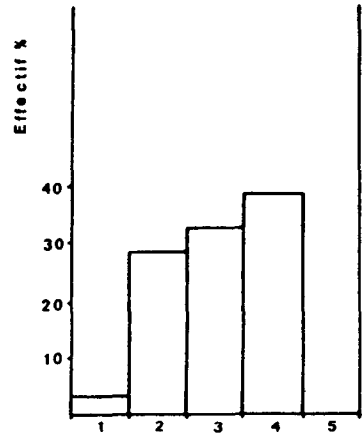


Fig. 7 TOUS SEMIS

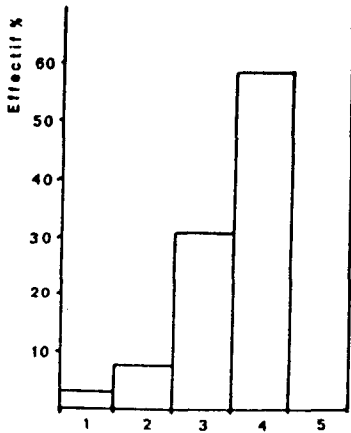


Fig. 8 SEMIS D'HIVER

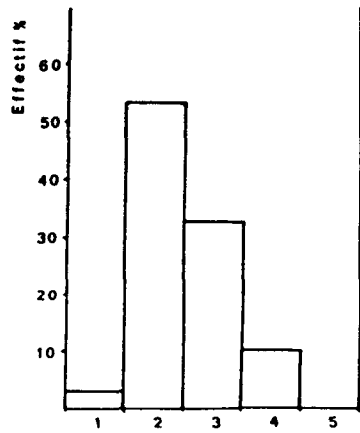


Fig. 9 SEMIS DE PRINTEMPS

peu représentées, elles correspondent aux rugosités très fortes et très faibles alors que les trois classes intermédiaires représentent 90 % des essais. En ce qui concerne les seuls semis d'hiver et de printemps, on peut noter la disparition de la classe 5 et la faible représentation de la classe 1. Pour les classes intermédiaires, on remarque la représentation croissante des classes 2 à 4 sur semis d'hiver et décroissante sur semis de printemps. Les raisons de ces différences d'état de surface sont multiples :

- le travail du sol est souvent plus fin pour les semis de printemps que pour les semis d'hiver,
- le sol en fin d'hiver a subi la destruction des agrégats par les alternances gel-dégel, il est pour cette raison plus sensible à la fois aux actions mécaniques des engins de travail du sol et à celle de la pluie.

Il semble donc y avoir une relation entre la rugosité du sol et le ruissellement. Mais cette constatation doit être modulée. En effet, si l'on observe le schéma 10 reliant les classes de ruissellement aux classes de rugosité, on remarque qu'il existe une relation décroissante ruissellement-rugosité nette. Mais la variabilité à l'intérieur de chaque classe de rugosité est importante. Il est nécessaire de faire les réserves suivantes : en admettant que la rugosité soit un paramètre explicatif important, les classes sont probablement trop larges et peuvent être sujettes à caution (limite entre 2 classes, problème d'appréciation de chaque classe).

On peut penser qu'il existe d'autres facteurs explicatifs qu'il faut alors tenter d'évaluer.

- L'humidité du sol.

Nous avons essayé de relier ruissellement et humidité du sol mais cela n'a pas abouti. Il faut noter que

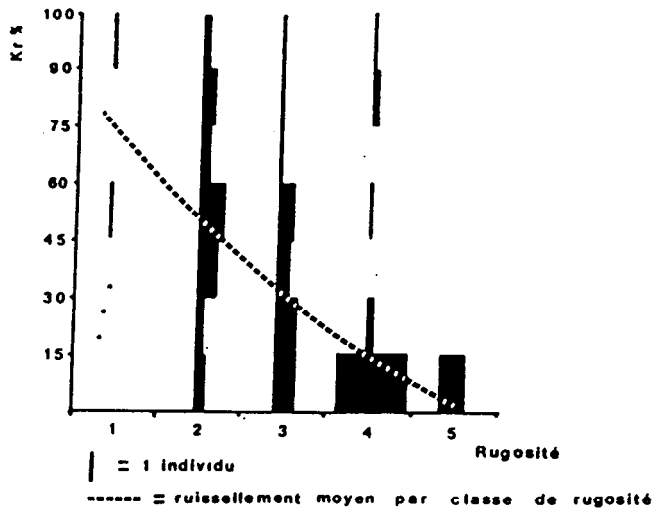


Fig.10 RELATION Kr - RUGOSITE

GRAPHE DE CONTROLE

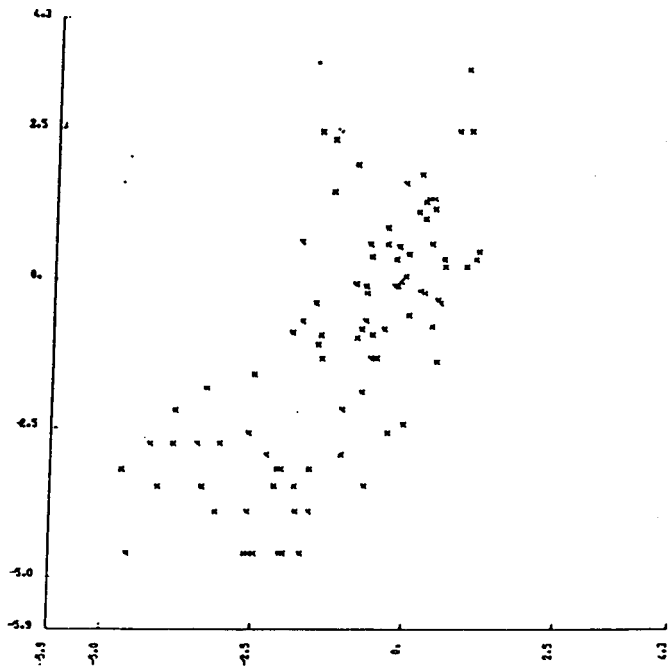


Fig. 11
 REGRESSION
 MULTIPLE

Variable expliquée: Log C
 Variables explicatives: rugosité, humidité, type de culture

nous ne disposions que de mesures d'humidité pondérale et non d'humidité volumique, sans mesures de densité, donc sans possibilité de calculer le taux de saturation des différentes couches. Seuls quelques essais apparaissent cependant nettement conditionnés par l'humidité du sol où sur un type d'état de surface très rugueux on obtient des K_r très supérieurs à la moyenne de la classe.

L'indice d'humidité antérieure calculé à partir des pluies naturelles des jours précédant l'essai et selon une décroissance exponentielle avec un facteur 1/2 n'a pas apporté plus de résultats.

- Les autres relations testées n'ont pas donné de résultats très probants : texture, taux de recouvrement de la végétation, pente.

- Régressions multiples.

L'objectif de cette phase était de tenter d'expliquer la variabilité du coefficient de ruissellement expérimental K_r . On a recherché par régressions multiples une relation avec les paramètres suivants : rugosité de surface, type de culture, humidité et texture des sols, pente, présence-absence de drains enterrés, une fonction sinusoïdale de la date de l'essai et le paramètre d'une relation de rendement pluie-crue variable dans le temps et déterminé sur le bassin contigu de Melarchez.

Nous avons effectué au préalable une transformation du coefficient K_r variant de 0 à 1 en un coefficient C variant de 0 à l'infini par la formule $C = \frac{K_r}{1-K_r}$ dont nous avons pris la valeur logarithmique.

Au cours de cette étape sont apparus significatifs les paramètres rugosité, type de culture et humidité pondérale de surface. La régression multiple effectuée

sur l'ensemble des essais donne un coefficient de corrélation multiple de 0,705 ce qui correspond à 50 % de variance expliquée avec une erreur standard de 1,46 (voir figure 11).

On obtient l'équation suivante :

$$\text{Log } C = - 5,5 + 0,74 \text{ Rugosité} + 22,3 \text{ Humidité pondérale} - 1,2 \text{ type de culture .}$$

$$C = \exp (-5,5 + 0,74 \text{ Rugosité} + 22,3 \text{ Humidité pondérale} - 1,2 \text{ type de culture}).$$

Les rapports coefficient sur écart type des coefficients de régression sont respectivement de 3,2 pour la rugosité, 3,8 pour l'humidité et 4,1 pour le type de culture. Ces trois variables sont toutes significatives au seuil de 1% .

Bien que ces trois variables nous permettent d'expliquer une moitié de la variabilité du coefficient de ruissellement expérimental (à une transformation analytique près), il n'en demeure pas moins que la variation résiduelle est très importante : erreur standard égale à 1,46, ce qui correspond à une variation de 1 à 20 dans 70 % des cas (contre 1 à 400 avant explication par les 3 variables significatives).

CONCLUSION

Le résultat essentiel est donc qu'on ne peut pas dans l'état actuel de nos connaissances utiliser la simulation de pluie pour en déduire les termes d'une fonction de rendement sur tout un bassin versant. Cependant l'outil reste probablement utilisable, en valeurs relatives, pour comparer deux bassins versants, l'un disposant de mesures hydrométriques et l'autre étant le bassin non jaugé sur lequel on recherche des estimations de crues.

Une deuxième phase de l'étude aura justement pour objet de comparer les différences de comportement à la simulation de pluie avec les différences de comportement hydrologique (paramètre d'une transformation pluie-débit pour les crues).

La grande variabilité des essais effectués sur un bassin réputé homogène nous conduira obligatoirement à être très prudents sur le protocole des mesures comparatives. Il faudra vraisemblablement choisir des parcelles ayant sensiblement la même position à l'intérieur du bassin versant, la même culture ..., et faire les mesures à la même époque.