



OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU

Développer les compétences pour mieux gérer l'eau

VARIATION DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT EN MILIEU RURAL

D. DELAGE - 1998

Introduction - Rappels

Le ruissellement se produit quand l'**intensité des pluies** dépasse les **capacités d'infiltration et de stockage superficiel** des sols.

Le **coefficient de ruissellement** est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruissellée à la hauteur d'eau précipitée au cours d'un événement pluvieux.

$$C = L_r / P_b = P_n / P_b$$

avec **Lr** la lame d'eau ruissellée, **Pb** la pluie brute, **Pn** la pluie nette. [5]

Il apparaît très difficile de cerner un coefficient de ruissellement en zone rurale : en effet, des études ont montré que la variabilité de ce coefficient sur une parcelle nue donnée n'est expliqué qu'à 50% par trois facteurs très importants : la *rugosité*, l'*humidité du sol* et la *pratique culturale*. Il apparaît donc difficile de fixer un coefficient de ruissellement *constant* ou un coefficient d'infiltration évolutif seulement lié aux antécédents pluvieux.

La méthode du **Soil Conservation Service** (SCS) américain est applicable aux bassins versants agricoles. Elle postule l'existence d'une relation hyperbolique entre la hauteur de pluie **P** et la hauteur de ruissellement **R**.

La forme de cette relation est :

$$R = (P - I_a)^2 / P - I_a + S$$

où **Ia** et **S** sont des coefficients numériques à déterminer pour chaque bassin.[1]

Le paramètre **Ia**, qui représente la quantité maximum de pluie qui ne provoque pas de ruissellement, et le paramètre **S** qui caractérise l'infiltration peuvent être évalué a priori en



fonction du *type de sol*, du *type de couverture végétale* et du *mode d'aménagement cultural*, ainsi que des conditions antérieures d'*humidité*.

Exemples de résultats expérimentaux de valeur du coefficient de ruissellement montrant sa variabilité :[7]

CARACTERISTIQUES DU SOL	CARACTERISTIQUES DE LA PLUIE	COEFFICIENT DE RUISSellement MOYEN
terres labourées, limons moyens sableux, croûte sédimentaire, pente 3 à 5%	intensité moyenne, inférieure à 10 mm/h pendant 24 h	0,22 à 0,30
terres labourées, limons moyens sableux, croûte sédimentaire, pente 3 à 5%	pluie orageuse décennale, 26 mm en 1 h	0,20 à 0,36
terres labourées, limons moyens sableux, croûte sédimentaire, pente 3 à 5%	pluie hivernale d'intensité inférieure à 10 mm/h	0,10 à 0,16
limon moyen sableux	après une période pluvieuse, une pluie de 15 mm en 24 h	0,13
limon sur cultures d'hiver	pluie de 40 mm/h en 45 mn	0,25
limon sur cultures de printemps	pluie de 60 mm/h en 45 mn	0,40
limon sableux, 47 % de la SAU en cultures de printemps	précipitation horaire décennale en 24 h	0,28
bassin de vignoble dont le temps de concentration est de 40 mn	-	0,30 à 0,60

De ces deux approches, il résulte un certain nombre de **paramètres** à prendre en compte pour obtenir la valeur du ruissellement:

Facteurs de variation du ruissellement

◆ **Les conditions pédologiques** :[2]

Le ruissellement se produit quand la **capacité de stockage superficiel du sol est dépassée**. Cette rétention en surface, liée à la rugosité et à la pente, peut varier dans des proportions importantes suivant l'**état de surface** et la **nature** du sol.



La sensibilité des sols au compactage en surface, sous l'impact de la pluie, et également sous le poids des engins agricoles, influence l'évolution de leur comportement hydrique, notamment en entraînant une **imperméabilisation** progressive ou brutale.

En effet, les premières pluies pénètrent dans le sol, créant un horizon superficiel saturé à travers lequel l'infiltration se stabilise à la valeur de la conductivité hydraulique à saturation, caractéristique hydrodynamique du sol et qui dépend essentiellement de sa structure et de sa texture (nature, granulométrie, porosité...).

L'impact des gouttes de pluie provoque un tassement de la surface du sol, un éclatement des agrégats et une redistribution des particules en surface, conduisant à la fermeture progressive des pores et à l'imperméabilisation du sol.

Sur la croûte structurale ainsi constituée, le ruissellement diffus commence à se produire, entraînant des particules de sol dans des micro-dépressions de la topographie, dans lesquelles elles se déposent en couches stratifiées, reposant en discordance sur la couche précédente et renforçant encore l'imperméabilisation.

Ces « **Organisations Pelliculaires Superficielles** » (OPS) peuvent se produire chaque fois que le sol subit directement l'énergie cinétique (en relation directe avec l'intensité) des gouttes de pluies, surtout en l'absence de protection végétale.

Des travaux ont mis en évidence, dans certains milieux, l'existence de **croûtes biologiques**, liées à la présence de bactéries ou d'algues microscopiques, capables de créer en surface des phénomènes d'hydromorphie et de refus d'infiltration.

La capacité de stockage de l'eau dépend des propriétés hydriques du sol : porosité, densité et conductivité à saturation, variables liées à sa composition [9].

- Un sol **sableux** présente des propriétés d'infiltration et de percolation plus élevé qu'un sol **argileux** ;
- les **matières organiques** modifient la mouillabilité du sol et favorisent l'infiltration en modifiant la densité du sol, donc sa porosité, sa capacité de rétention et son taux d'infiltration.

La nature des matières organiques n'est pas indifférente : les **produits transitoires** (corps microbiens et substances pré-humiques) ont un rôle plus important mais moins durable que les **acides humiques**. [2]

Influence de la nature du sol sur ses propriétés hydriques : [9]

PARAMETRES CARACTERISTIQUES D'UN SOL LIMONEUX						
% SABLE	% ARGILE	% MATIERE ORGANIQUE	DENSITE	POROSITE	CONDUCTIVITE A SATURATION	CAPACITE DE RETENTION
15	15	1,5	1,469	44,6	1,37	27,49
15	15	2,8	1,432	46	1,7	27,74
PARAMETRES CARACTERISTIQUES D'UN SOL ARGILLO-LIMONEUX						
% SABLE	% ARGILE	% MATIERE ORGANIQUE	DENSITE	POROSITE	CONDUCTIVITE A SATURATION	CAPACITE DE RETENTION
10	30	2	1,401	47,1	0,58	34,72
10	30	4	1,339	49,5	0,92	34,97



◆ La nature du terrain liée à la variabilité géologique locale :

Le sol n'est pas homogène sur l'ensemble d'un bassin versant. Il peut ainsi apparaître des **hétérogénéités** des conditions d'infiltration à l'échelle du bassin versant: un profil de sol moins épais pourra être un endroit où le ruissellement se formera plus rapidement qu'ailleurs si le substrat y est faiblement perméable.

◆ La topographie locale et l'organisation du relief:

La morphologie des bassins versants élémentaires joue un rôle important vis à vis du ruissellement, notamment le **gradient de pente**.

◆ Le contexte hydro-climatologique :

Les bassins versants sont parfois traversés par des **ruisseaux**, parfois entrecoupés de **vallées sèches** ; ils sont ou non **drainés** pour des besoins agricoles, et parfois parsemés de **mares** ou équipés de canalisations. Chacun de ces systèmes aura des réactions différentes vis à vis des précipitations et donc du ruissellement.

Dans certaines régions, le phénomène peut être accentué par la **fonte de la neige** accumulée.

◆ Les conditions d'humidité du sol

L'humidité du sol est difficile à prendre en compte. Il faudrait tenir compte de deux choses : l'état de la **surface du sol**, qui dépend des conditions climatiques des heures précédant la pluie, et de l'état d'humidité du sol dans la **zone d'aération**.

3 situations peuvent être retenues :[1]

- sols secs avec infiltration maximum
- état d'humidité valable pour le calcul des crues annuelles ;
- pluies intenses ou pluies associées à des faibles températures survenues dans les 5 jours précédents.

Ce n'est pas seulement l'**intensité de l'averse** génératrice du ruissellement qui joue, mais aussi celle des **averses précédentes**, qui ont déjà tassé et structuré le sol

◆ Le type de précipitation et son régime :

La **hauteur totale** de l'averse est l'un des principaux facteurs à prendre en compte. Mais une averse se caractérise aussi par sa **répartition spatiale** et **temporelle**.

L'hétérogénéité spatiale intervient par la forme et la position du réseau d'isohyètes ; une averse de hauteur moyenne donnée ruissellera différemment selon la **distribution de**



l'intensité. Dans le cas de petits bassins versants, cette caractéristique apparaît toutefois secondaire par rapport aux autres facteurs, en particulier par rapport à la **répartition temporelle** de l'averse. La répartition temporelle nécessite plusieurs indices, notamment la hauteur et la durée de pluie efficace, l'intensité moyenne du corps d'averse et les intensités maximales en 30, 60 et 180 minutes, ainsi que la durée et l'intensité moyenne de l'averse totale.

◆ **Le type de couverture du sol :**

Exemples de coefficient de ruissellement selon l'occupation du sol :[7]

Catégorie d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement moyen
espaces boisés	0,05
terres de culture	0,10
habitations individuellement denses	0,35
habitations collectives	0,50
zones industrielles, équipement publics	0,60

Tableaux des coefficients de ruissellement moyens (bassins versants inférieurs à 1 km²):[1]

DESIGNATION DES ZONES	COEFFICIENT MOYEN	FACTEUR DE PENTE	
		TERRAIN PLAT (< 1%)	TERRAIN PENTU (> 7%)
ESPACE VERT - ZONE DE LOISIR	0,20	0,75	1,25
ESPACES LIBRES - ZONE DE DEGAGEMENT	0,20	0,75	1,25
FORETS, BOIS ET LANDES	0,05	0,50	1,20
TERRAINS DE CULTURES CEREALIERE	0,30	0,75	1,25
PRES ET PATURAGES	0,10	0,66	1,25
CARRIERES OU MINES	0,30	0,30	1,25
TERRAINS NUS SANS VEGETATION NI CULTURE	0,30	0,50	1,50



Ces tableaux montrent que la couverture influe sur la vitesse de circulation du ruissellement :

les **forêts**, les **jachères** et les **prairies** sont de bons remparts au ruissellement.

De manière générale, le sol nu augmente le ruissellement.

◆ Le mode d'occupation des sols cultivés:

La **forme du terrain** induit généralement une **trame agraire** appropriée, destinée à limiter le ruissellement et l'érosion:[10]

- sur un terrain en **forte pente**, les cultures sont menées en **terrasses**
- sur une **pente plus faible** (inférieure à 7%), le parcellaire est aménagé de manière à **suivre les courbes de niveau** (culture en courbe de niveau)
- la culture en **bandes alternées** (alternance de culture fourragère et culture annuelle ou de deux cultures à période de végétation décalée) limite l'exposition du sol nu aux précipitations.
- **l'aménagement** du terrain, par exemple par mise en place de **banquettes** (chenaux en travers de la pente confectionnés en modelant la surface du sol) est efficace contre le ruissellement.

Exemple d'aménagement limitant le ruissellement :[8]

CLASSE HYDROLOGIQUE DU SOL: B - PRECIPITATION : 50 MM - CULTURE : SARCLEE		
	lame ruisselée (mm)	coefficient de ruissellement
sans aménagement	21,3	0,43
avec banquettes	8,8	0,18

Le **mode de travail** du terrain a aussi son importance :

- Le **labour** abaisse la densité des 20 à 30 cm superficiels par rapport à des parcelles uniquement hersées ; il s'ensuit que les propriétés hydriques d'une couche de sol labouré avec la densité des couches superficielles diminuée par rapport aux couches profondes, sont favorables à un meilleur drainage, ce qui limite le ruissellement.
Un labour à la charrue d'un sol riche en **argile** (>20%), effectué perpendiculairement à la pente moyenne de la parcelle permet de faire face à des pluies de **20 à 25 mm** tombant en une à deux heures [3]
- De même les techniques de travail du sol qui permettent de conserver des résidus végétaux (**mulch**) sur au moins 30% de la surface du sol montrent une certaine



efficacité dans la diminution du ruissellement (jusqu'à **60%** de baisse par rapport à une culture conventionnelle).

- Les cultures à **grand écartement** (maïs, betterave, pomme de terre...) favorise le ruissellement.

Influence du labour sur l'infiltration : [9]

CONDUCTIVITE A SATURATION DES 30 CM SUPERFICIELS D'UN SOL LIMONEUX NON LABOURE ET LABOURE		
	Densité (T/m ³)	conductivité à saturation (mm/h)
sans labour	1,46	1,37
avec labour	1,35	3,60

Rugosité du sol en fonction des opérations techniques : [3]			
Risques faibles ----->		Risques élevés	
Rugosité forte	Rugosité moyenne	Rugosité faible	Rugosité nulle
• Déchaumage avec résidus abondants • Labour	• Semis motteux peu battu • Déchaumage sans résidu	• Semis battu ou roulé	• Semis très battu • Chantier de récolte très roulé

◆ La période de l'année via l'incidence de la rotation des cultures :

La présence d'un **couvert** suffisant au moment des **pluies importantes** limite le ruissellement. Il faut éviter de combiner **sol nu** et période de **fortes précipitations**. Par exemple, il vaut mieux localiser les **cultures d'hiver** sur les **coteaux** pour limiter le ruissellement lors des **orages de printemps**.

◆ Le remembrement et l'aménagement des parcelles :

Les dernières décennies ont vu la **modification des structures agraires** en vue de permettre un travail mécanisé: accroissement de la **taille** des parcelles, mise en culture des parties raides des **coteaux**, suppression de nombreux **fossés**, arasement des **haies** et des **talus**.

Certaines régions ont aussi développé les **productions végétales** au détriment de la **production animale**.

Ces changements ont induits des réactions nouvelles aux précipitations, augmentant les surfaces contributives au ruissellement.



Conclusions

Le bassin versant doit être considéré comme une **succession de terroirs** de perméabilités différentes que ce soit pour des raisons pédologiques ou d'occupation du milieu.

Devant la **variété** des situations rencontrés, il s'avère difficile d'obtenir un **coefficient de ruissellement moyen** pour un **bassin versant donné** ou même pour une parcelle à très grande échelle .

Chaque surface de contribution au ruissellement va générer un débit qui sera fonction de la **combinaison de nombreux facteurs**, différents de ceux de la surface voisine, la surface dominante apportant une part majoritaire au flux.

NDR: des données locales sur des valeurs de ruissellement et des résultats de pratiques destinées à le diminuer ont été trouvées dans la littérature ; elles n'ont pas été reprises pour ne pas alourdir le texte, mais peuvent être fournies sur demande.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] RUISSELLEMENT EN ZONE MIXTE URBAINE ET RURALE - METHODES PRATIQUEES, ANALYSE DOCUMENTAIRE ET PERSPECTIVES : 1988, RESEAU D'ILE DE FRANCE**
- [2] L'ORIGINE DES CRUES DANS LES BASSINS VERSANTS ELEMENTAIRES : DU RUISSELLEMENT SUR LES VERSANTS A L'ECOULEMENT DE CRUE : COSANDEY C., ANN. GEOGRAPH, 1990, N° 556, 641-659**
- [3] L'EROSION DES SOLS PAR L'EAU DANS LES REGIONS DE GRANDE CULTURE - ASPECTS AGRONOMIQUES : AUZET V., MIN. ENVIR. , MIN. AGRI., 1987**
- [4] GESTION DE L'ESPACE RURAL ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : KING D., LARDON S., INRA, 1991**
- [5] CONTRIBUTION A L'ETUDE DES RELATIONS PLUIES-DEBITS DANS LES PETITS BASSINS VERSANTS RURAUX : JATON J. F., EPFL, 1982**
- [7] L'EROSION DES SOLS PAR L'EAU DANS LES REGIONS DE GRANDE CULTURE - ASPECTS AMENAGEMENTS : AUZET V., MIN. AGRI., MIN. ENVIR., CEREG, 1990**
- [8] MAITRISE DU RUISSELLEMENT ET DE L'EROSION - CONDITIONS D'ADAPTATION DES METHODES AMERICAINES : GRIL J. J., DUVOUX B., CEMAGREF, 1991**
- [9] ETUDE DES INTERACTIONS ENTRE LA MATIERE ORGANIQUE ET PROPRIETES HYDRIQUES DES SOLS - IMPACT SUR LE RUISSELLEMENT : MASEREEL P., DAUTREBANDE S., TRIB. EAU, N° 2/95, 9-17, 1995**
- [10] TRAMES AGRAIRES ET MAITRISE DE L'EAU : GREZEL N., METROPOLIS, N°4 , VOL. 2, 23-28, 1975**

