

Exercice n° HA 0202 - Corrigé

Pertinence du choix d'une valeur de *Curve Number* pour la fonction de production d'un cours d'eau non-jaugé – Application au bassin de l'Aach à Salmsach (TG, Suisse)

Données de l'exercice :

L'exercice porte sur les données pluie – lame ruisselée pour un bassin versant voisin (l'Aach à Salmsach) regroupées dans le Tableau 1-énoncé. Les données de cet exercice sont aussi regroupées dans le fichier Excel « HA0202_enonce.xls ». Le corrigé de l'exercice se trouve également dans un document Excel « HA0202_corrige.xls ».

Question 1. Vérification de la valeur du Curve Number

☉ Méthode à appliquer : Calcul de la pluie nette (et donc de la lame ruisselée) par la méthode du Curve Number

L'hypothèse principale de la méthode SCS (Soil Conservation Service) est que le rapport des pertes réelles sur les quantités d'eau ruisselées est égal au rapport des pertes maximales potentielles sur le ruissellement maximum potentiel.

Ceci peut s'écrire simplement comme suit :

$$\frac{P_n}{P - P_n - I_a} = \frac{P - I_a}{S} \quad (2)$$

- P = Précipitation totale (Pluie brute)
- I_a = Pertes initiales avant submersion (parfois considérée comme $I_a = 0.2 \cdot S$)
- P_n = Pluie nette (Précipitation participant au ruissellement Q)
- $P - P_n - I_a$ = Pertes additionnelles. Ce sont les précipitations infiltrées après le début du ruissellement
- $P - I_a$ = Ruissellement maximum potentiel.
- S = Pertes maximales potentielles

Et la pluie nette P_n (ou le ruissellement Q) s'exprime par :

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a} \quad (3)$$

Afin de standardiser les courbes représentant la pluie nette en fonction de la pluie brute, le SCS a introduit un paramètre sans dimension se nommant "Curve Number" (CN). Ce paramètre est normé tel que $0 < CN \leq 100$ et rapporté en unités métriques. Plusieurs expressions de CN ont été obtenues suivant les conditions antécédentes d'humidité. On a ainsi :

$$a) \text{Conditions normales: } CN(II) = \frac{25400}{S + 254} \quad (4)$$

$$b) \text{Conditions sèches: } CN(I) = fct(CN(II)) \quad (5)$$

$$c) \text{Conditions humides: } CN(III) = fct(CN(II)) \quad (6)$$

Enfin, le Soil Conservation Service a établi des relations entre les valeurs du Curve Number en fonction du type et de l'utilisation de différents sols. On en déduit S pour une condition antécédente d'humidité donnée.

⊙ Démarche et résultats

Pour juger de l'adéquation entre la lame ruisselée calculée avec une valeur de 50 pour le CN et la lame ruisselée observés (obtenue par séparation des écoulements et regroupées dans le Tableau 1-énoncé), la démarche suivante vous est proposée :

Etape 1. Pour chaque pluie totale, calculer la lame ruisselée par la méthode du *Curve Number* proposé par le Soil Conservation Service (SCS) avec $CN=50$ et pour des conditions normales.

- Estimation des pertes maximales potentielles S d'après l'équation (4).

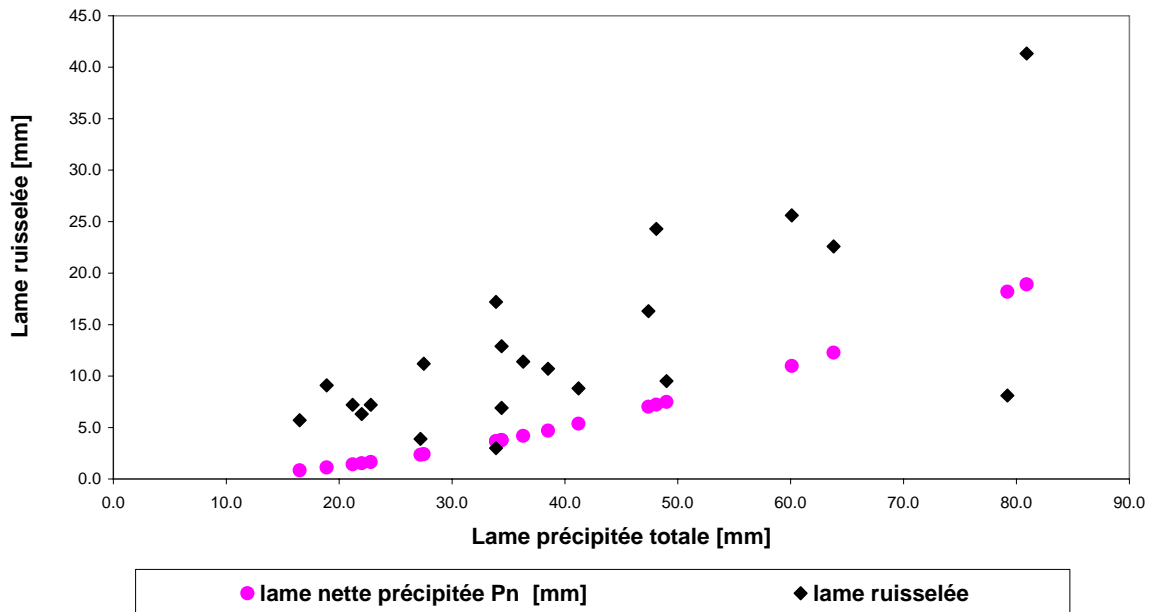
$$CN(II) = \frac{25400}{S + 254} \text{ soit } S = \frac{25400}{CN(II)} - 254 = 254 \text{ mm}$$

- Estimation des pertes initiales. On fixe pour le bassin considéré des pertes initiales I_a de 1.5 mm.
- Estimation des lames nettes précipitées P_n ou Q_n d'après l'équation (3) pour chaque pluie totale.

identifiant	date (jj.mm.aaaa)	lame précipitée totale [mm]	lame ruisselée [mm]	pertes maximales potentielles [mm]	lame nette précipitée P_n [mm]
1	23.05.1978	80.9	41.3	254	18.9
2	04.10.1978	38.5	10.7	254	4.7
3	05.10.1979	36.3	11.4	254	4.2
4	29.09.1981	48.1	24.3	254	7.2
5	06.10.1982	49.0	9.5	254	7.5
6	11.09.1983	27.2	3.9	254	2.4
7	17.05.1984	33.9	3.0	254	3.7
8	21.05.1984	34.4	6.9	254	3.8
9	26.11.1984	27.5	11.2	254	2.4
10	26.08.1985	79.2	8.1	254	18.2
11	24.01.1986	34.4	12.9	254	3.8
12	27.03.1986	22.0	6.3	254	1.5
13	10.04.1987	33.9	17.2	254	3.7
14	31.03.1988	16.5	5.7	254	0.8
15	02.04.1989	41.2	8.8	254	5.4
16	25.05.1990	47.4	16.3	254	7.0
17	12.05.1991	60.1	25.6	254	11.0
18	05.02.1992	18.9	9.1	254	1.1
19	09.10.1993	22.8	7.2	254	1.6
20	10.01.1995	21.2	7.2	254	1.4
21	09.11.1999	63.8	22.6	254	12.3

Etape 2. Reporter sur un même graphique les lames ruisselées estimées précédemment et celles proposées dans l'énoncé en fonction de la lame précipitée totale. Il ressort de cette figure qu'une valeur de 50 pour le *Curve Number* n'est pas adéquate.

Lames ruisselées "estimées" et "observées"
en fonction de la lame précipitée totale pour 21 événements entre 1978 - 1999
Débit de l'Aach à Salsmach - Précipitations à Guettingen (Sation ANETZ 1080)



Question 2. Estimation d'une valeur de CN représentative des observations

⊙ Méthode à appliquer : calcul des résidus

Une valeur de *CN* plus représentative des observations revient à minimiser l'écart entre ces dernières et les lames ruisselées estimées au point précédent. La valeur à minimiser peut être exprimée de la manière suivante :

$$\sum_{i=1}^{21} (Q_{calc} - Q_{sim})^2 \quad (7)$$

avec

$Q_{calc\ i}$: lame ruisselée calculée (valeurs de l'énoncé) pour l'événement i , en [mm]

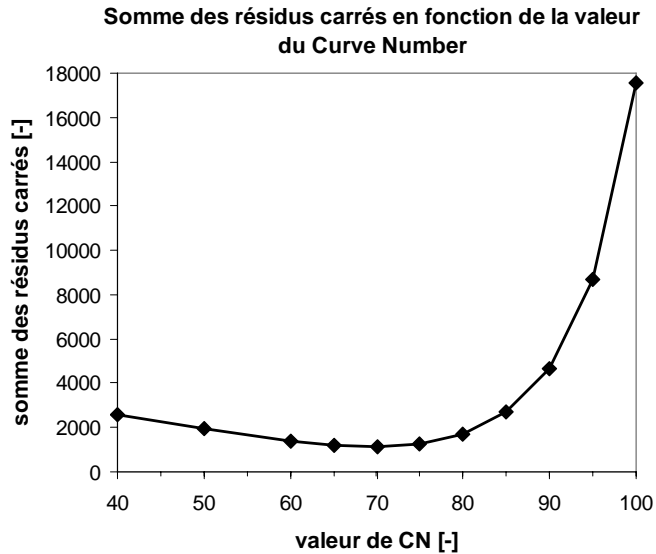
$Q_{sim\ i}$: lame ruisselée estimée pour l'événement i , en [mm]

⊙ Démarche et résultats

Etape 1. Avec *CN* variant de 40 à 100 (et pour des conditions normales), calculer les différentes valeurs de lames ruisselées de la même manière que dans la question 1.

Etape 2. Pour chaque valeur de *CN*, calculer les différentes valeurs de résidus carrés d'après l'équation (7) ainsi que la somme des résidus carrés.

Etape 3. Représenter sur une même figure l'évolution de la somme des résidus carrés en fonction de la valeur de *CN*. En se basant sur les événements pluie – débit à disposition, on retient finalement une valeur de *CN*=70 pour laquelle l'écart entre valeurs observées (calculée de l'énoncé) et simulées est le plus faible.



Question 3. Utilisation de l'événement du 26 août 1985

L'utilisation de l'événement du 26 août 1985 n'est pas judicieuse pour déterminer une valeur représentative du *CN*. En effet les résidus carrés obtenus pour cet événement sont les plus importants et ceci quel que soit le *CN* utilisé. Les lames ruisselées calculées sont au-moins trois fois plus importantes que celles données dans l'énoncé.

Une explication possible réside dans la date de l'événement qui est le mois d'août. En effet on peut supposer d'une part que le sol du bassin versant était relativement sec (il faudrait vérifier cette affirmation en calculant l'Indice des Précipitations Antécédentes *IPA* par exemple), et donc qu'une infiltration « importante » de la pluie était possible. D'autre part les événements pluvieux qui se produisent l'été sont plutôt du type convectif, et donc assez localisés dans l'espace. Ainsi on pourrait admettre facilement que la pluie enregistrée à Güttingen ne soit pas représentative de la pluviométrie moyenne tombée sur le bassin de l'Aach.

Si l'on ne tient pas compte de cet événement, la somme des résidus carrés diminue (de 1111 à 523 pour une valeur de *CN* valant 70), et le plus intéressant est que la valeur optimale du *CN* augmente légèrement en passant à 75 (somme des résidus carrés valant 388) pour les 20 événements pluie – débit finalement considérés.