

# CALCUL DES DEBITS PLUVIAUX DES PETITS BASSINS VERSANTS ( $S < 4km^2$ ) POUR LES AMENAGEMENTS ROUTIERS

BOUTOUTAOU Djamel<sup>(1)</sup>, ZEGGANE Houari<sup>(2)</sup>

Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides.  
Université KASDI Merbah Ouargla.

(1) [boutoutaoudjamel@yahoo.fr](mailto:boutoutaoudjamel@yahoo.fr)

(2) [Zeggane\\_r@yahoo.fr](mailto:Zeggane_r@yahoo.fr)

## Résumé

La conception des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales comme par exemple les caniveaux et fossés pour maintenir la route hors d'eau d'une part et d'organiser l'écoulement naturel des cours d'eau au moyen des ponceaux et buses à l'endroit de l'intersection entre la route et ces cours d'eau d'autre part exige la connaissance de la valeur du débit pluvial. Cette dernière n'est pas connue dans plusieurs régions de l'Algérie soit par manque de données d'observation soit par manque de documents normatifs appropriés à l'Algérie. Le recours à d'autres méthodes d'évaluation du débit pluvial établies dans d'autres contextes climatiques et géographiques et différents à ceux de l'Algérie conduit à des erreurs aberrantes.

L'objectif de cette étude est de proposer une méthode de calcul des débits pluviaux des petits bassins versants à appropriée à l'Algérie aux moyens des paramètres qui sont toujours disponibles comme la pluviométrie ou facilement déterminables par des cartes topographiques.

**Mots clés** : débit, ponceau, cours d'eau, bassin versant, Algérie.

## 1. INTRODUCTION

La route qui se développe linéairement sur le terrain apporte souvent des modifications qui perturbent l'écoulement des cours d'eau. La submersion des routes par les eaux constitue un obstacle à la circulation des véhicules. Les précipitations atmosphériques qui tombent directement sur les chaussées peuvent engendrer de fortes inondations si elles ne sont pas collectées et évacuées. Pour éluder à ces problèmes, les ingénieurs routiers prévoient dans la conception des routes d'une part, les ouvrages hydrauliques (ponceaux, buses et ponts) à l'endroit de l'intersection entre la route et les cours d'eau (rivières, oueds, chabets etc.) assurant l'écoulement naturel et d'autre part, les fossés et les caniveaux, pour maintenir la chaussée hors d'eau.

Ce pendant la conception hydraulique des ouvrages exige la connaissance de la valeur du débit de crue, qui malheureusement n'est pas connu dans plusieurs région du pays. Les documents normatifs traitant les calculs hydrologiques et par conséquent les débits de crues ne sont pas encore établis pour les conditions climatiques et physiques des bassins versant de l'Algérie. En absence de méthodologie de calcul appropriée à l'Algérie, les ingénieurs ont toujours eu recours aux méthodes empiriques pour évaluer

les débits de crue [6]. La plus connue entre elles est celle de Caquot qui est utilisée pour calculer les débits de crues de projet des petites surfaces dans le domaine de l'assainissement urbain en territoire français.

La France métropolitaine a été découpée en trois régions de pluviométrie homogène dont chacune d'elle est définie par des valeurs numériques des coefficients constituant cette formule en fonction des régions géographiques, climatiques et des périodes de retour  $T$ . Pour le cas de l'Algérie les coefficients de la formule de Caquot sont choisis par analogie climatique.

Il faut souligner que l'extrapolation de cette formule à d'autres régions climatiques et à des averse de fréquence (de période de retour) différentes peu conduire à des erreurs aberrantes. La méthode de Caquot ne peut en aucun cas être appliquée en Algérie à cause de son caractère empirique.

La présente étude a pour objectif de présenter une méthode de calcul des débits de crues de période de période de retour  $T$  des petits bassins versants ( $S < 4km^2$ ) pour les assainissements routiers dans les conditions climatiques et géographiques de l'Algérie.

## 2. METHODOLOGIE D'ETABLISSEMENT DE LA FORMULE DE CRUE

La méthode de calcul des débits pluviaux proposée est issue d'un hydrogramme de crue de forme supposée triangulaire (figure 1). Les caractéristiques hydrologiques dans ce schéma sont les suivants :

$t_m$  - temps de montée du débit pluvial,

$t_d$  - temps de descente (décrue) du débit pluvial,  $T_B$  - temps de base de l'hydrogramme de crue et  $Q_{max}$  - débit pluvial maximal.

Le volume  $W$  de ruissellement de ce débit pluvial selon la surface triangulaire est égal :

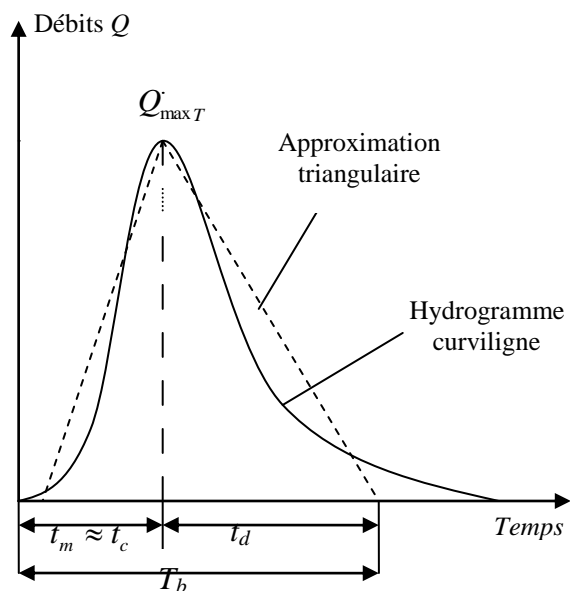


Figure 1. Hydrogrammes naturel (curviligne) et schématisé (triangulaire)

$$W = \left( \frac{1}{2} t_m Q_{\max} \right) + \left( \frac{1}{2} t_d Q_{\max} \right) = \frac{1}{2} Q_{\max} (t_m + t_d) \quad (1)$$

$$Q_{\max} = \frac{2W}{t_m + t_d} = \frac{2W}{T} \quad (2)$$

Le temps de base de l'hydrogramme  $T_B = t_m + t_d = t_m(1 + \xi)$ , avec  $\xi = \frac{t_d}{t_m}$ . Selon l'étude des crues des petits bassins versants Algériens, effectuée par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) [4], le rapport  $\xi = \frac{t_d}{t_m}$  varie essentiellement entre 1.0–1.5. Si on retient une valeur moyenne  $\xi = 1.25$ , on aura  $T_B = t_m(1 + \xi) = t_m(1 + 1.25) = 2.25t_m$ .

D'autre part, le volume de la crue  $W$  peut être donné par la relation :

$$W = h \cdot S \quad (3)$$

$h$  - lame ruisselée pluviale sur le bassin versant et  $S$  - surface du bassin versant.

La lame d'eau ruisselée pluviale  $h$  peut être exprimée par le produit de pluie et du coefficient de ruissellement  $\alpha$  par la relation :

$$h = \alpha \cdot P_{tc} \quad (4)$$

En remplaçant la relation (4) dans (2) et  $T_B$  par le produit  $2.25t_m$ , on obtient :

$$Q_{\max} = \frac{2W}{T_B} = \frac{2hS}{T_B} = \frac{2\alpha P_{tc} S}{2.25t_m} = \frac{0.9\alpha P_{tc} S}{t_m} \quad (5)$$

### 3. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA FORMULE

#### 3.1 Temps de montée $t_m$

Le temps de montée de la crue des petits bassins versants correspondant au débit maximal (figure 1) est généralement pris égal au temps de concentration  $t_c$  [8] qui est défini comme le temps que met la gouttelette d'eau la plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire (endroit du projet), il est calculé par la relation suivante :

$$t_m \approx t_c = \frac{L}{3.6 \cdot V_c}, \text{ heure} \quad (6)$$

Avec  $L$  - longueur du talweg (longueur maximale) du cours d'eau [km]  $V_c$  - vitesse de concentration de l'écoulement [m/s].

### 3.2 Vitesse de concentration du cours d'eau

Selon Protodnikov [5], la vitesse de concentration  $V_c$  d'un cours d'eau est reliée à la vitesse d'écoulement maximale  $V_{\max}$  observée à l'endroit du projet par la relation :  $V_c = (0.5 - 0.75)V_{\max}$ . Pour les petits cours d'eau  $V_c = 0.5V_{\max}$ . En prenant comme base la formule de Manning, qui est considérée comme une transformation de la formule de Chézy, la vitesse maximale de l'écoulement est égale à :

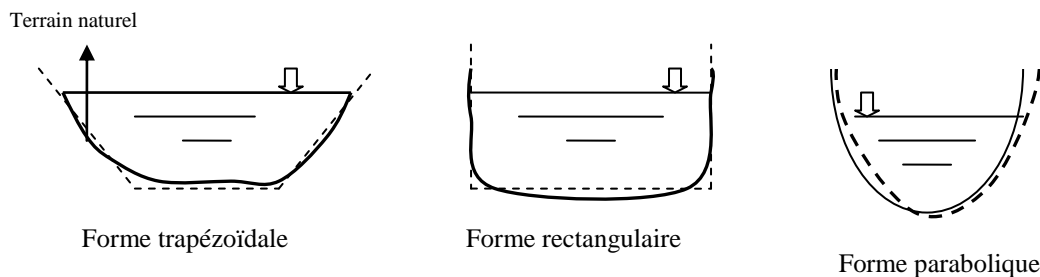
$$V_{\max} = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \bar{I}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$R$  – rayon hydraulique ;  $\bar{I}$  – pente moyenne du cours d'eau et  $n$  – coefficient de rugosité.

Pour les cours d'eau naturels à section large par rapport à la profondeur ( $B \geq h$ ) avec  $B$ , largeur et  $h$ , profondeur du cours d'eau, le rayon hydraulique peut être approximé à partir de la profondeur  $h$  [7] :

- pour les formes rectangulaires et trapézoïdales des cours d'eau :  $R \approx h$
- pour les formes paraboliques des cours d'eau :  $R \approx \frac{2}{3} \cdot h$

Dans la nature, les formes des cours d'eau sont très variées (figure 2).



**Figure 2.** Les formes naturelles possibles des sections des cours d'eau

Pour la suite de l'étude nous retenons en approximation un rayon hydraulique moyen le plus représentatif de ces formes, c'est-à-dire :

$$R = \frac{h + \frac{2}{3}h}{2} = 0.83h \quad (8)$$

Dans les petits bassins versant la profondeur  $h$  des cours d'eau ne dépasse pas généralement  $0.5 - 1.0m$ . Nous retenons également une valeur moyenne  $h = 0.75m$

Le coefficient de rugosité  $n$  du fond des lits et des berges des cours d'eau sont également variées, il peut varier de 0.067 jusqu'à 0.08 [7]. Une valeur moyenne  $n = 0.073$  sera retenue pour la suite de l'étude.

En remplaçant dans l'expression  $V_c = 0.5V_{\max}$  les valeurs numériques de toutes ces caractéristiques hydrauliques, déterminées plus haut, on obtient la relation de la vitesse de concentration suivante :

$$V_c = \frac{1}{2} \sqrt{I} \quad (9)$$

Si maintenant on remplace également la relation (9) dans la relation (6), la formule du temps de concentration des petits bassins versants sera de la forme suivante:

$$t_c = 0.56 \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right) \quad (10)$$

Selon plusieurs études [5, 9], la longueur du talweg du cours d'eau  $L$  (km) et la surface du bassin versant  $S$  (km<sup>2</sup>) sont étroitement liées entre elles. Pour le cas des bassins versants de l'Algérie cette relation est approximée par la relation suivante [3] :

$$L = 2\sqrt{S} \quad (11)$$

### 3.3 Pluie de courte durée $P_{tc}$

Sur la base des données des pluies annuelles et journalières maximales empruntées du rapport d'analyse fréquentielle des pluies de l'Algérie [2], nous proposons une relation qui permet de calculer la pluie de courte durée correspondant au temps de concentration ( $P_{tc}$ ) pour les régions de l'Algérie :

$$P_{tcT} = P_{\max jT} \left( \frac{t_c}{24} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (12)$$

$P_{\max jT}$  – pluie maximale journalière de période de retour  $T$ ,  $m$  - coefficient climatique tabulé en fonction des régions des bassins hydrographiques de l'Algérie (figure 2) et des pluies moyennes annuelles (tableau 1),

**Tableau 1.** Valeurs du coefficient climatique  $m$

Bassins versants hydrographiques (Voir figure 2)	Pluie moyenne annuelle $\bar{P}$ , mm		
	$\bar{P} \leq 400$ mm	$\bar{P} = 400 \dots 900$ mm	$\bar{P} \geq 900$ mm
01 – 04 – 11	3.3	2.8	2.3
02 – 03 – 09 – 15 – 16	3.1	2.6	2.1
10 – 12 – 14	3.4	2.9	2.1
05 – 06 – 07 – 08 – 17	3.8	3.1	–
13 - Sahara	7.5	–	–

### 3.4 Coefficient de ruissellement $\alpha$

Il se définit comme le rapport du volume d'eau qui ruisselle au volume d'eau tombé (volume de pluie) sur le bassin considéré. Il est fonction de plusieurs paramètres (perméabilité, durée de l'averse, etc.) et varie entre 0 et 1.0. Le coefficient de ruissellement peut être déterminé par des tables spéciales, généralement en fonction des types de sols (tableau 2)

**Tableau 2.** Valeurs du coefficient de ruissellement ( $\alpha$ )

Nature de surface	Surface du bassin versant, km <sup>2</sup>	
	0...1	1...10
Asphaltes, bétons, roches non fissurées	0.95 – 1.0	0.9 – 0.95
Argiles grasses	0.7 – 0.95	0.65 – 0.95
Limons, podzols, sols marécageux	0.6 – 0.9	0.55 – 0.8
Forêts, broussailles, sols carbonatés	0.55 – 0.75	0.45 – 0.7
Steppes, sols sableux-argileux	0.3 – 0.55	0.2 – 0.5
<b>Sols sableux, graveleux, caillouteux</b>	0.2	0.15

En introduit les relations (10) et (11) établies plus haut dans la relation (5), on obtient :

$$Q_{\max} = f \frac{0.9 \alpha P_{tc} S}{t_m} = \frac{1000}{3600} \frac{0.9 \alpha P_{tc} S}{t_m} = \frac{1000}{3600} \frac{0.9 \alpha P_{tc} S}{0.56 \left( \frac{2\sqrt{S}}{\sqrt{I}} \right)} = 0.22 \alpha P_{tc} \sqrt{I} \sqrt{S}$$

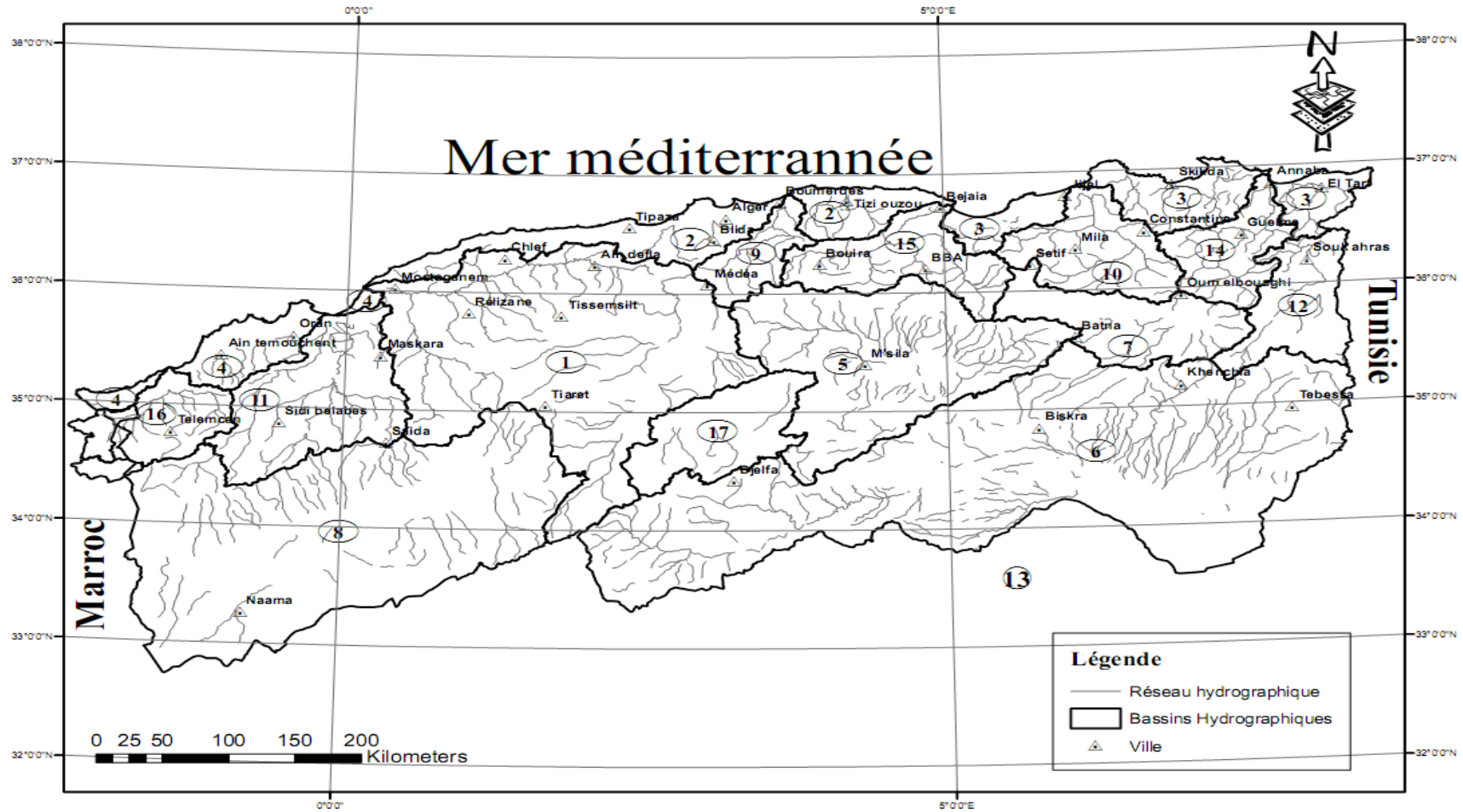
Avec,  $f = \frac{1000}{3600}$  – coefficient de conversion des unités.

Si on fait correspondre le débit  $Q_{\max}$  à sa fréquence  $f(\%)$  ou à sa période de retour  $T(\text{années})$  nous obtiendrons la formule finale de calcul du débit pluvial maximal suivante :

$$Q_{\max T} = 0.22 \alpha P_{tcT} \sqrt{I} \sqrt{S} \quad (13)$$

$Q_{\max jT}$  – Débit pluvial maximal ( $m^3/s$ ) de période de retour  $T$ ,  $P_{icT}$  – pluie de courte durée ( $mm$ ), correspondant au temps de concentration  $t_c$  et de période de retour  $T$ ,  $\bar{I}$  – pente du cours d'eau (%),  $\alpha$  - coefficient de ruissellement (adimensionnel) et  $S$  – surface du bassin versant ( $km^2$ ).

Figure 3. Bassins hydrographiques de l'Algérie



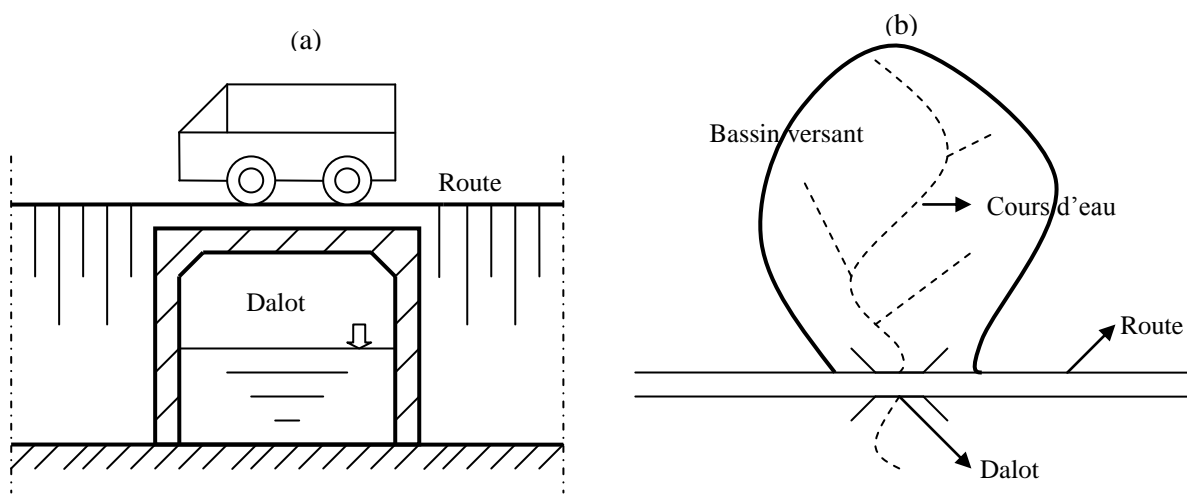


#### 4. EXEMPLE (APPLICATION NUMERIQUE)

Calculer le débit de crue décennal pour dimensionner un dalot (figure 4) sur un petit cours d'eau près de la ville d'Annaba. Les données nécessaires au calcul sont récapitulées dans le tableau 3. La nature du sol du bassin versant : sol sableux-argileux.

**Tableau 3.** Les valeurs des caractéristiques physiques et pluviométriques du bassin versant.

Surface du bassin versant	Longueur du cours d'eau	Pente moyenne du cours d'eau	Pluie moyenne annuelle	Pluie maximale journalière de période de retour $T=10$ ans	Coefficient de ruissellement $\alpha$
$S, km^2$	$L, km$	$\bar{I}\%$	$\bar{P}, mm$	$P_{\max j10} \dots mm$	
1	0.9	3.5	608	82	0.55



**Figure 4.** Bassin versant (b) et ponceau assurant l'écoulement naturel du cours d'eau sous la route (a)

#### Solution

On calcul :

1. Le temps de concentration par la formule (10):  $t_c = 0.56 \left( \frac{L}{\sqrt{I}} \right) = 0.56 \left( \frac{0.9}{\sqrt{3.5}} \right) = 0.269 \text{ heure}$

2. La pluie de courte durée par la formule (12) :  $P_{tc10} = 82 \times \left( \frac{0.269}{24} \right)^{2.9} = 17.4 \text{ mm}$  ;

(Dans la relation (12),  $m = 2.9$  est tiré à partir du tableau 1, en fonction de la pluie moyenne annuelle ( $\bar{P} = 608 \text{ mm}$ ) et le numéro du bassin versant hydrographique (figure 3) à laquelle appartient la zone d'étude. Le numéro du bassin hydrographique est donc 14.

3. Le coefficient de ruissellement  $\alpha \approx 0.55$  est tiré du tableau 1 en fonction de la nature du sol du bassin versant (sol argileux-sableux)

4. Le débit max. décennal  $Q_{\max 10}$  par la formule (13) :

$$Q_{\max 10} = 0.22 \alpha P_{tc10} \sqrt{\bar{I}} \sqrt{S} = 0.22 \times 0.55 \times 17.4 \times \sqrt{3.5} \times \sqrt{1} = 3.939 \approx 4.0 \text{ m}^3 / \text{s} .$$

## CONCLUSION

La conception des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales en milieu routier exige la connaissance de la valeur du débit de crue, qui malheureusement reste souvent inconnue dans plusieurs régions du pays et ce, par manque de données de mesures et/ou absence de méthodes universelles de calcul.

L'analyse des données de quelques paramètres météorologiques et hydrologiques des petits bassins versants disponibles a permis la mise au point d'une méthode de calcul des débits de crues (débits pluviaux) des petits bassins versants appropriée à l'Algérie (pour toutes les régions de l'Algérie). Les paramètres de la formule établie sont simples à déterminer, la surface du bassin versant, la pente et la longueur du cours d'eau au moyen des cartes topographiques, la pluie moyenne annuelle et la pluie maximale journalière de fréquence ou de période de retour quelconque à partir d'une étude fréquentielle des séries annuelles des pluies maximales journalières de la région du projet.

## Références

1. ANCIL F, ROUSSELLE J., LAUZON N. (2007). Hydrologie. Cheminement de l'eau. Ed. Presses Internationales polytechnique. 311 p. Canada
2. BODY K. (1981). Analyse fréquentielle des pluies de l'Algérie. Synthèse régionale. ANRH. Constantine.
3. BOUTOUTAOU D. ILINITCH V.V.(2008). Méthode de calcul des débits maximaux moyens pluviaux des rivières de la méditerranée. In International Social Academy of Ecological Safety and Nature Management. (ISAESNM)] N° 3 (10).2008. P. 41-46. Moscow. Russia.
4. SOGREAH. (1989). Etude méthodologique sur l'hydrologie des retenues collinaires et mise au point d'outils de calcul pratique de l'usage des directions de l'hydraulique des Wilayas. Résumé et synthèse des principaux résultats et conclusion de l'étude SOGREAH 1986/1989. ANRH. Alger.
5. GOROCHKOV I. F. (1979). Calculs hydrologiques. Ed. Hydrométéo. 426 p. Leningrad (en russe)
6. KHALLI F.Z. GOUMETTRE A. (2012). Manuel de projet de routes 113 p. OPU. Alger.
7. KREMENETSKI N., SCHTERENLIHT D., ALYCHEV V., YAKOVLEVA L (1984). Hydraulique. 298 p. Ed. Mir. Moscou – (traduction en français).
8. BOURRIER.R. (2013). Les réseaux d'assainissements. Calculs – Applications – Perspectives. 5<sup>e</sup> édition. 1013 p. Ed. Tec & Doc. Paris.
9. SOKOLOVSKY D. L. (1959). Ecoulement fluvial. 527 p. Leningrad (en russe).