

ETUDE HYDROLOGIQUE

Hafid SOUNNY / DAH

www.GenieCivilPDF.com

BUT

➤ L'étude hydrologique a pour but :

- évaluer les apports du cours d'eau
 - assurer le remplissage de la retenue
- estimer les crues pour différents périodes de retour :
 - Crues de chantier → dimensionnement des ouvrages de dérivation :
 - Q_{20} pour barrage en béton et Q_{100} pour barrage en terre
 - Crues de projet → dimensionnement des ouvrages d'évacuation des crues
 - $Q_{1\ 000}$ pour barrage en béton et $Q_{10\ 000}$ pour barrage en terre
- estimer les apports solides :
 - déterminer la durée de vie de l'ouvrage (Volume de la tranche morte-VF)

BUT

Évaluation des Apports :

- Faisabilité de remplissage

Étude des crues et Estimation de l'envasement :

- Faisabilité économique

Bassin versant

Définition :

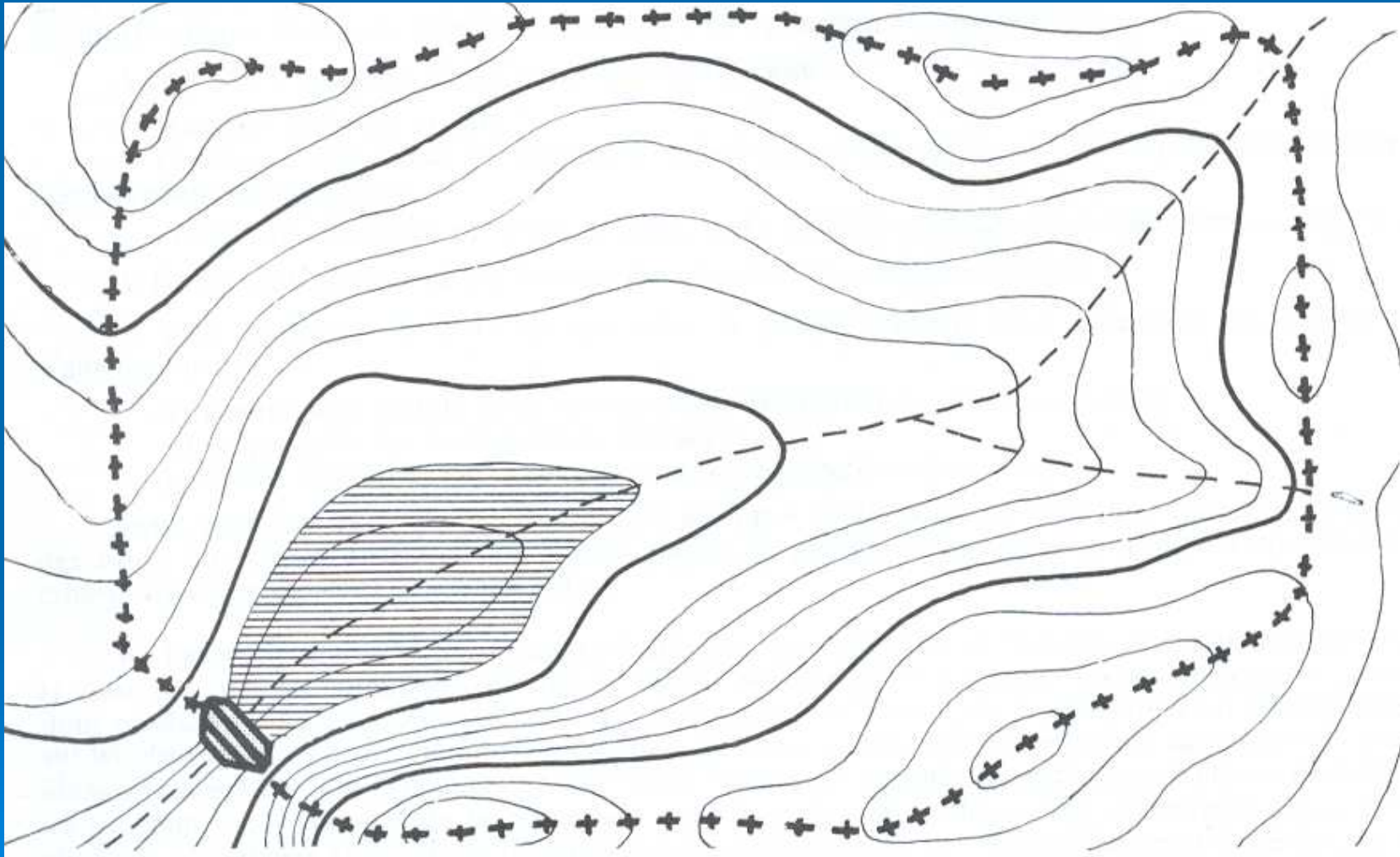
Bassin versant d'un cours d'eau en un point donné :

- ✓ Aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point
- ✓ Unité géographique limitée par la ligne de partage des eaux qui relie les points les plus élevés en suivant une ligne normale aux courbes de niveau

Pour chaque bassin :

- Caractéristiques morphologiques (forme, pentes, altitudes ...)
- Caractéristiques lithologiques (sol, couvert végétal...)
- variables pour les formules empiriques de calcul
- comparaisons avec les bassins versants similaires où on dispose de mesures ou études hydrologiques déjà réalisées

Topographie et apports du bassin versant



Calcul des apports

En absence de données hydrométriques sur l'oued, il est nécessaire de procéder à des estimations indirectes des apports en se basant sur les séries pluviométriques offertes par le réseau de postes pluviométriques le plus proche, sur les caractéristiques du BV ...

Le bilan hydrique d'un bassin versant donné peut s'exprimer comme suit :

$$P = R + ETP + DS$$

P : précipitation annuelle en mm

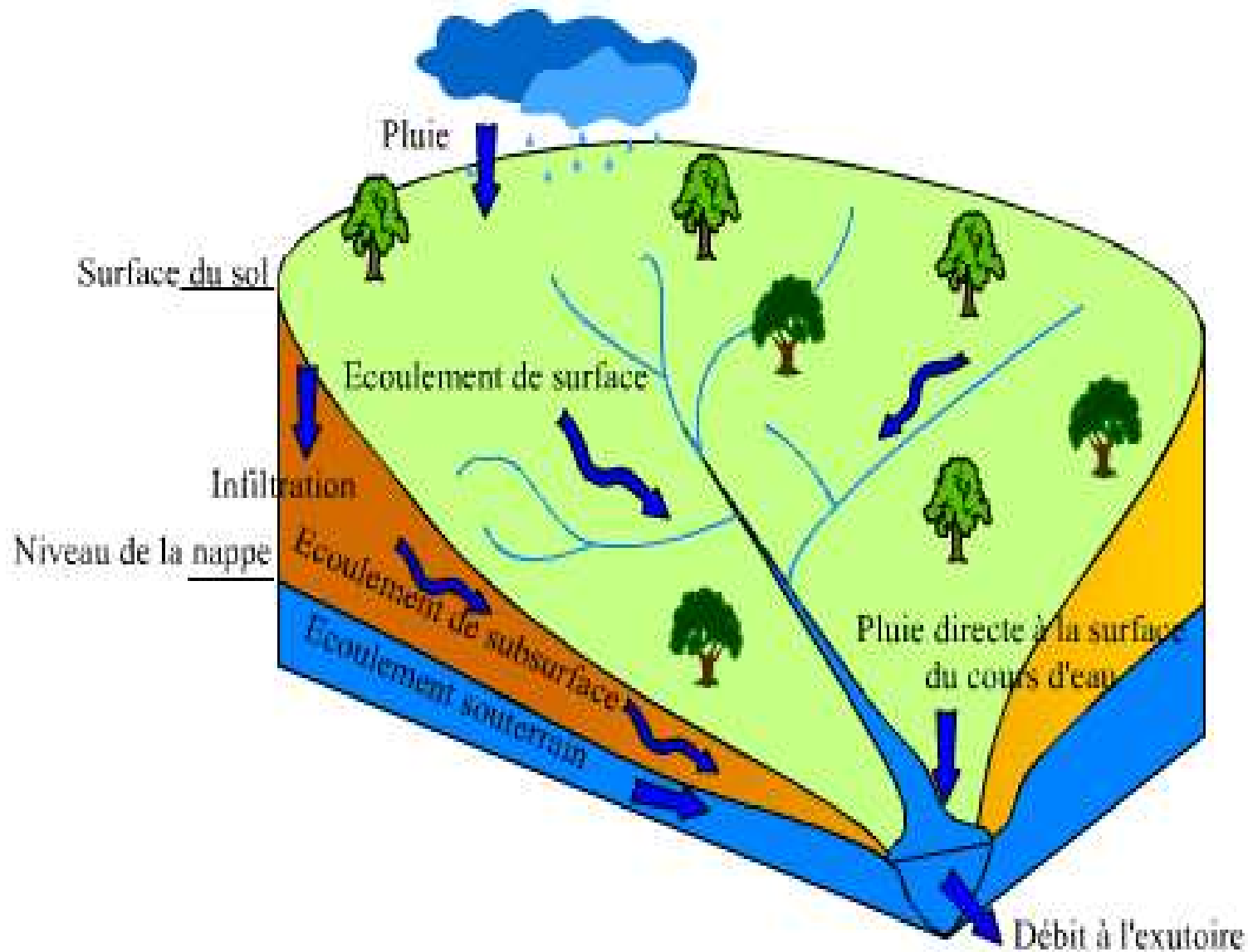
R : Écoulement moyen en mm

ETP : Évapotranspiration en mm

DS : Accumulation des ressources à la fin de l'année (négligé pour les petits bassins)

Calcul des apports

bilan hydrique



Calcul des apports

Méthode régionale

➤ Notion du coefficient de ruissellement :

$C_r = \text{hauteur d'eau écoulee} / \text{hauteur d'eau précipitée}$

→ Apports moyen annuel :

$$A = C_r \cdot S_b \cdot P$$

S_b : superficie du BV

P : Pluie moyenne dans tout le BV

Calcul des apports

Coefficient de ruissellement

- Détermination à partir des bassins versants jaugés ou disposant de mesures hydrologiques
- Comparaison en tenant compte de la nature du BV, la couverture végétale, le type de sol, la pente ...
- peut être estimé et exprimé comme suit

$$C_r = 1 - (C_t + C_v + C_s)$$

Avec : ' tableau '

Calcul des apports

Coefficient de ruissellement

Nature de la surface du BV	Valeur
<i>Topographie</i>	<i>'C_t'</i>
Terrain plat, pente moyenne de à 3 pi par mille	0.30
Terrain valloneux, pente moy. de 15 à 20 pi par mille	0.20
Terrain montagneux, pente moy. 150 – 200 pi par mille	0.10
<i>Sol</i>	<i>'C_s'</i>
Argile compacte, imperméable	0.10
Mélange moyen d'argile et de limon	0.20
Sol sableux bien aéré	0.30
<i>Couvert végétal</i>	<i>'C_v'</i>
Terrain cultivé	0.10
Forêt	0.20

Calcul des apports

Précipitation moyenne

➤ Méthode de la Moyenne arithmétique : $P = 1/n \sum_{i=1}^n P_i$

(ne tient pas compte de la répartition spatiale des stations)

➤ Méthode des polygones de Thiessen : $P = 1/S_{\text{tot.}} \sum_{i=1}^n S_i \cdot P_i$

- S_{tot} : superficie du BV S_i : Superficie du polygone associé à la station i
- P_i : précipitation enregistré à la station i n : nombre de stations

➤ Méthode des isohyètes : $P = 1/S_{\text{tot.}} \sum_{i=1}^{n-1} S_i \cdot P_i$

- n : nombre d'isohyètes S_i : Superficie entre 2 isohyètes successives
- P_i : précipitation enregistré à la station i = $(P_i + P_{i+1})/2$

Calcul des apports

Formule de Turc

Notion du Déficit d'écoulement \sim Évapotranspiration 'ETP':

➤ $ETP = P / \sqrt{(0.9 + P^2/L^2)}$ avec $L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$

P : Pluie moyenne inter annuelle en mm

T : température moyenne annuelle (en °C)

➤ $L_r = P - D$

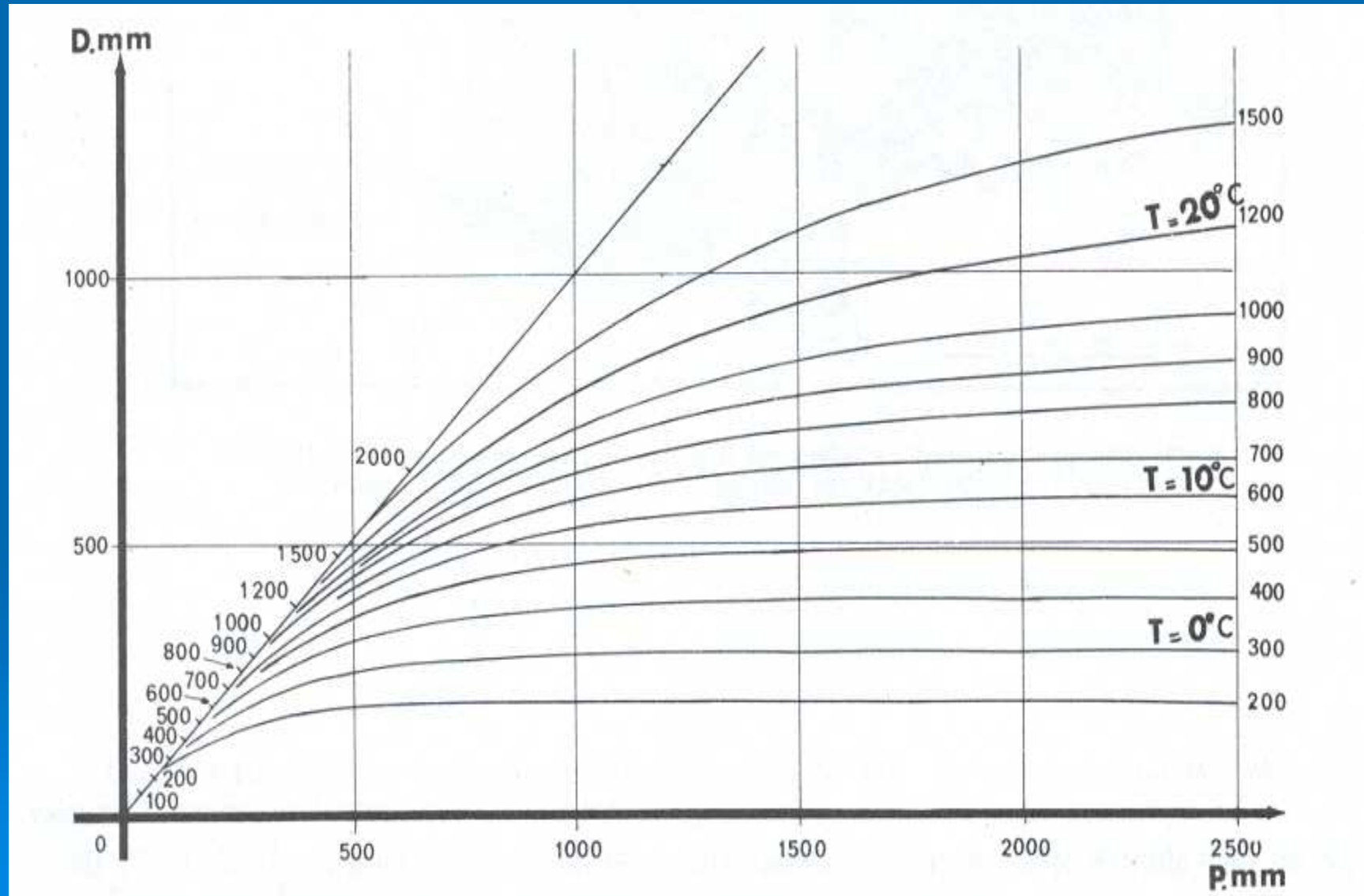
L_r : lame d'eau moyenne annuelle écoulée en mm

D : Déficit d'écoulement \sim ETP

➤ $A = S_b \cdot L_r$

Calcul des apports

Abaque de Turc



Étude des crues

A la différence des apports qui sont des phénomènes moyens, les crues sont des phénomènes exceptionnels

✓ Estimation plus délicate

Toute évaluation des crues est liée à une période de retour qui dépend du risque qu'on pourrait encourir en cas d'apparition d'une crue exceptionnelle

- Crues de chantier (ouvrages de dérivation) :
 - Q_{20} pour barrage en béton et Q_{100} pour barrage en terre
- Crues de projet (ouvrages d'évacuation des crues) :
 - $Q_{1\ 000}$ pour barrage en béton et $Q_{10\ 000}$ pour barrage en terre

Études des crues

- Informations hydrologiques inexistantes dans le bassin
 - Analogie avec d'autres bassins jaugés
- Informations sur la pluviométrie relativement abondantes :
 - Formules faisant intervenir la pluie et les caractéristiques physiques du bassin versant pour le calcul des débits (ex.formule rationnelle)
- Informations sur les pluies et les débits disponibles sur une courte période :
 - méthode du gradex
- Si la série des débits est relativement longue :
 - Ajustement statistique sur la série des débits en utilisant les lois de distributions usuelles en hydrologie

Études des crues

- Méthode des débits spécifiques :

$$Q_B(T) = (Q_A(T) / S_A) \cdot S_B$$

- Méthode régionale (Francou – Rodier) :

$$Q = 10^6 (S / 10^8)^{(1-k/10)}$$

K : paramètre régionalde Francou Rodier (Pour la région marocaine $4 \leq k \leq 5$)

S : superficie du BV

- Connaissant Q et A du BV analogue jaugé pour une période de retour déterminée :
 - ✓ Déterminer k à partir de la formule
 - ✓ Déduire Q (T) à partir de la formule

Études des crues

Méthode Rationnelle

' *petits bassins de superficie < 150 km²* '

$$Q (T) = Cr \cdot P_{\max} (tc, T) \cdot S / (3,6 tc)$$

tc : temps de concentration : temps que met une particule d'eau provenant de la partie la plus éloignée du BV pour parvenir à l'exutoire

Formule de Giandotti : $Tc = (4 \sqrt{S} + 1.5 L) / 0.8 \sqrt{h}$

Formule de Turazza : $Tc = 0.108 \sqrt[3]{S \cdot L} / \sqrt{I}$

L : longueur de talweg principal en km I : pente moyenne du cours d'eau

h : Dénivelée entre l'altitude moyenne du bassin et celle de l'exutoire

Études des crues

Méthode Rationnelle

$$Q(T) = Cr \cdot P_{\max}(t_c, T) \cdot S / (3,6 t_c)$$

$P_{\max}(t_c, T)$:

précipitation maximale relevée pendant une durée égale au t_c du BV. :

- Constituer un échantillon de précipitations maximales journalières (ou de 12 h)
- Ajuster une loi théorique à cet échantillon et en déduire la valeur de la pluie journalière (ou de 12 h) maximale correspondant à la période de retour T
- Déduire la pluies maximales pour le temps de concentration t_c , à partir de relations régionales du type :

$$P_t(T) / P_{j\max}(T) = (t / j)^b$$

b est un paramètre régional souvent pris égal à 0.3 ;

J = 12 h ou 24 h, dépendant des relevés pluviométriques ;

Études des crues

Méthode du Gradex

Hypothèses :

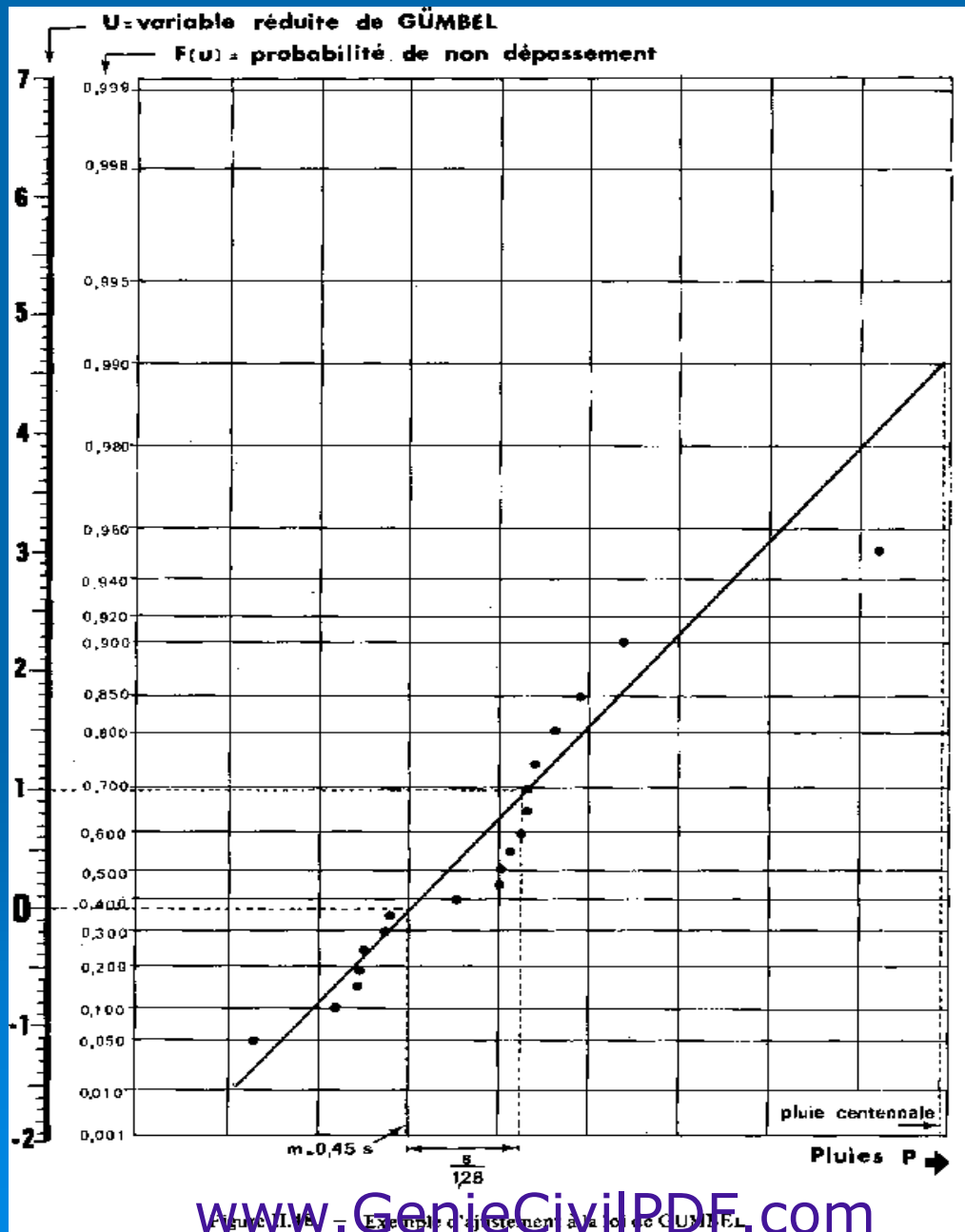
- ✓ Au delà du débit décennal, tout supplément de pluie provoque un supplément identique de ruissellement
- ✓ La loi de distribution des pluies max. journalières est du type exponentielle (loi de Gumbel)

Procédure :

- Ajustement d'une loi de Gumbel à l'échantillon de pluie max. journalière
- Détermination du gradex des pluies journalières : $P = G_p \cdot u + P_0$ (Gumbell)
$$u = -\ln(-\ln(1-1/T))$$
- Détermination du gradex des pluies sur le temps de concentration :
$$G_p(t_c) / G_p(j) = (t_c / 24)^k \quad 0,3 < k < 0,5$$

Études des crues

Méthode du Gradex



Études des crues

Méthode du Gradex

- Détermination du gradex des débits :

$$G_d(t_c) = G_p(t_c) \cdot S(\text{km}^2) / (3,6 \cdot t_c(\text{heure}))$$

- Détermination des débits pour plusieurs périodes de retour :

$$Q(T) = G_d \cdot U + Q_0 \quad (u = 2,25 : Q = Q(10))$$

- Détermination du débit de pointe :

$$Q_p = r_p \cdot Q(T) \quad 1,5 \leq r_p \leq 3 \text{ au Maroc}$$

Études des crues

Hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue est la courbe qui illustre la variation des débits instantanés de la crue en fonction du temps. Il est caractérisé par les paramètres suivants :

- Q_p : Débit de pointe ou débit instantané maximum ;
- V : Volume de la crue ;
- t_m : Temps de montée de la crue ;
- t_b : temps de base de la crue ;

Études des crues

Hydrogramme de crue

En général, Considéré triangulaire :

- $t_b = 3 t_m$
- $V = Q_p \cdot t_b / 2$
- Q_p et le volume de la crue pour différentes périodes de retour peut être calculé par l'intermédiaire de la méthode du gradex qui donne directement le débit moyen de la crue

→ t_b et t_m

Apport solides

L'envasement des retenues, conséquence du transport solide en suspension et charriage par les eaux de crues, est le phénomène hydrologique le moins étudié.

Les mesures sont en général rares et difficiles à exploiter.

Il s'avère donc délicat de mener une étude de transport de sédiments d'une précision acceptable

Néanmoins :

Apport solides

Méthode de la dégradation spécifique :

$$A' = E' (S / S_0)$$

A' : Envasement à calculer rapporté à l'apport liquide

E' : Envasement mesuré au barrage rapporté à l'unité d'apport liquide

S : Surface du bassin versant du barrage collinaire en Km^2

S_0 : Surface du bassin versant dans lequel on dispose de mesures du transport solide