

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

Université Abderrahmane MIRA- Bejaia
Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique



جامعة عبد الرحمان ميرة – بجاية
كلية التكنولوجيا
قسم الري

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

SALHI CHAFIK

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER**

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Hydraulique Urbaine**

INTITULE :

ETUDE DE FAISABILITE D'UNE RETENUE COLLINAIRE. COMMUNE DE BENI MELIKECHE, LIEU DIT IOURAGHEN

Soutenu le **27 /06 /2024** devant le jury composé de :

- Président : **M^r. BRAKENI A.**
- Promoteur (s) : **M^r. BEDJOU A.**
- Co-promoteur : **M^r. OULBSIR R.**
- Examineur (s) : **M^r. HAMCHAOUI S.**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ، أَفَلَا يُؤْمِنُونَ"

الأنبياء 30



Table des matières

Introduction Générale

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Présentation du Site

I-1 Situation géographique	2
I-2 Justification de l'aménagement	2
I-3 Choix du site	3
I-4 Etude géologique [4].....	3

Chapitre II : Etude Hydrologique

II-1 Introduction.....	4
II-2 Bassin versant.....	4
II-2-1 Caractéristique du bassin versant.....	6
A - Caractéristique de forme.....	6
A-1- Indice de compacité de Gravelius.....	6
A-2- Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius	6
B – Relief	7
B-1- Courbe hypsométrique	7
B-2- Les altitudes catéchistiques.....	8
B-2-1- Altitude maximale (Hmax) et altitude minimale (Hmin)	8
B-2-2- Altitude médiane	8
B-2-3- Altitude moyenne	9
B-3- Indice de pente moyenne du bassin versant (Ip).....	9
B-4- Indice de pente globale (Ig)	9
B-5- Indice de pente moyenne du talweg principal.....	10
B-6- Densité de drainage	10
B-7- Temps de concentration.....	10
B-8- La vitesse de ruissellement.....	12
B-9- Tableau récapitulatif.....	12
II-3 Caractéristique climatique.....	12
II-3-1- Température	13
II-3-4- La pluviométrie.....	13
A) Stations et données disponibles :.....	13
B) Précipitations moyennes mensuelles.....	14
C) Précipitations moyennes annuelles.....	15
D) Ajustement des pluies maximales journalières	15
1 - Ajustement de la série à la loi de GUMBL [10].....	15
1 – 1 La précipitation moyenne.....	15
1 – 2 L'écart type	16
1 – 3 Le coefficient de variation	16
1 – 4 La fréquence au non dépassement (FND).....	16
1 – 5 La fréquence expérimentale.....	16
1 – 6 Prévision de pluie par la loi de GUMBEL.....	17
2 - Ajustement de la série à la loi de GALTON (LOG NORMALE) [10]	18

2 – 1 La précipitation moyenne.....	18
2 – 2 L'écart type	18
2 – 3 La fréquence expérimentale.....	18
2 – 4 La variable réduite de GALTON (Z_i)	19
1 – 5 Prédiction des pluies par la loi de GALTON	20
3 - Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV [10].....	20
II-4- Les apports liquides	22
II-4-1- Apport moyen interannuel (A_0).....	22
II-4-2- Préparation mensuelle de l'apport moyen.....	26
II-4-3- Variabilités de l'apport annuel [12]	27
A) Calcul du coefficient de variation C_v	27
B) Calcul de la variation de l'apport annuel :.....	29
II-5- Apport solides [12].....	30
A – Généralités	30
B - Evaluation de l'apport solide	31
II-6- Etude des crues [12].....	32
II-6-1- Calcul de débit des crues [12].....	33
II-6-2- Hydro gramme des crues [12].....	35
Conclusion.....	37

Chapitre III : Laminage de Crue

III – Introduction au laminage.....	38
III-1- But de laminage [12].....	38
III-2- Courbe de remplissage	38
III-3- Résolution du débit par la méthode d'équation différentielle.....	40
III-3-1- Donnée de base.....	41
III-3-2- Principe de la méthode.....	41
III-4- Conclusion	47

Chapitre IV : Dimensionnement de la Retenue

IV-1- Introduction	48
IV-1-1- Classification des barrages en matériaux locaux.....	48
IV-1-2- Description des ouvrages utilisés pour la réalisation d'un barrage en terre.....	49
IV-1-3- Facteurs influent sur la conception et la réalisation	49
IV-2- Calcul de la hauteur de la digue	50
IV-2-1- Calcul de la revanche.....	50
IV-3- Largeur de la crête.....	51
IV-4- Les pentes des talus.....	51
IV-5- Largeur à la base.....	52
IV-6- Protection des talus.....	52
IV-6-1- Talus aval.....	53
IV-6-2- Talus amont	53
IV-7- Etude des infiltrations.....	53
A - La ligne de saturation.....	53
B - Calcul du débit de fuite	55
IV-8- Etude de stabilité	55
A - Principe de la méthode	56
B - Détermination du cercle de glissement.....	58

B – 1 – Talus amont (cas de vidange rapide).....	59
B – 2 – Talus aval (fonctionnement normal, retenue pleine).....	61
IV – 9 – Conclusion	62

Chapitre V : Ouvrages Annexes

V - 1) Introduction sur les ouvrages annexes.....	63
A) Evacuateur de crues.....	63
1) Différents types d'évacuateurs :.....	63
2) Choix de l'emplacement de l'évacuateur de crue :	64
3) Données de départ :.....	64
3-1) Canal d'amenée :.....	65
3-2) Déversoir :	65
3-3) Transition :.....	66
3-4) Coursier :	67
3-5) Dissipateur d'énergie :	72
4) Conception de l'évacuateur de crues.....	73
B) Prise d'eau et vidange de fond.....	74
1) But	75
2) Donnée de base.....	75
3) Procédé de calcul du temps de vidange.....	75
V – 2) Conclusion :	80

Conclusion Générale

Conclusion Générale.....	81
--------------------------	----

Bibliographie

Annexe

Liste des Figures

Figure I - 1 : Plan de situation.....	2
Figure I - 2 : Carte des sols du bassin de la soummam.....	3
Figure II - 1 : Bassin Versant de la zone d'étude. (Source Google Earth)	4
Figure II - 2 : Le réseau hydrographique du bassin versant.....	5
Figure II - 3 : Plan altimétrique du bassin versant	5
Figure II - 4 : Rectangle équivalent	7
Figure II - 5 : Courbe hypsométrique	8
Figure II - 6 : Histogramme de variation des températures mensuelles.....	13
Figure II - 7 : Précipitations moyennes mensuelles.....	14
Figure II - 8 : Ajustement de la série par la loi de GUMBEL	18
Figure II - 9 : Ajustement de la série par la loi de GALTON.....	20
Figure II - 10 : Répartition mensuelle de l'apport moyen.....	26
Figure II - 11 : Les Hydrogrammes de Crue.....	37
Figure III - 1 : Courbe volume – hauteur d'eau.....	40
Figure III - 2 : Courbe de laminage pour B = 3m.....	43
Figure III - 3 : Courbe de la lame déversée en fonction du temps pour B = 3m	43
Figure III - 4 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour B = 3m.....	44
Figure III - 5 : Courbe de laminage pour B = 5m.....	44
Figure III - 6 : Courbe de la lame déversée en fonction de temps pour B = 5m.....	45
Figure III - 7 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour B = 5m.....	45
Figure III - 8 : Courbe de laminage pour B = 10m.....	46
Figure III - 9 : Courbe de la lame déversée en fonction de temps pour B = 10m.....	46
Figure III - 10 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour B = m10.....	47
Figure IV - 1 : Barrage en terre homogène avec Drain.....	48
Figure IV - 2 : Barrage en terre homogène avec Drain.....	49
Figure IV - 3 : Dimensionne de la digue.....	52
Figure IV - 4 : Représentation des grandeurs géométriques de calcul.....	54
Figure IV - 5 : Les lignes de courant.....	55
Figure IV - 6 : Les forces agissant sur une tranche.....	56
Figure IV - 7 : Schéma de calcul de stabilité.	57
Figure IV - 8 : Graphique de FELLENIUS.....	58
Figure IV - 9 : Foyer critique par la méthode de FELLINIUS.	58
Figure IV - 10 : Cercle de glissement du talus amont (cas de vidange rapide)	59
Figure IV - 11 : Copie écran du programme élaboré.	60
Figure IV - 12 : Résultat des calculs de Ks pour talus amont	60
Figure IV - 13 : Cercle de glissement du talus aval (Retenue pleine)	61
Figure IV - 14 : Résultat des calculs de Ks pour talus aval	62
Figure V - 1 : Model d'évacuateur de Crue	63
Figure V - 2 : Profil du déversoir type CREAGER.....	66
Figure V - 3 : Courbe de Remous.....	71
Figure V - 4 : Bassin de dissipation type USBR II.	73
Figure V - 5 : Schéma de la vidange de fond	75
Figure V - 6 : Courbe du temps de vidange	78
Figure V - 7 : Courbe du débit évacué en T/vidange	78
Figure V - 8 : Courbe des débits en fonction des hauteurs.....	79

Liste des Tableaux

Tableau II - 1 : Variation de la surface en fonction de l'altitude.....	8
Tableau II - 2 : Variation de la surface en fonction de l'altitude.....	10
Tableau II - 3 : Tableau récapitulatif.....	12
Tableau II - 4 : Températures maximales, minimales et moyennes [la région de Bejaia (DATA1982 à 2012) (Climate-Data.org > Algérie > Bejaïa.)	13
Tableau II - 5 : Caractéristique de la station pluviométrique. [4]	14
Tableau II - 6 : Caractéristique des moyennes mensuelles. [9]	14
Tableau II - 7 : Série pluviométrique mensuelles de la station Tizi Nslib, Akbou. [9]	15
Tableau II - 8 : Caractéristique des pluies annuelles. [9]	15
Tableau II - 9 : Résultats de l'ajustement de la série par la loi de GUMBEL	17
Tableau II - 10 : Résultat de la variable réduite de GALTON (LOG NORMAL)	19
Tableau II - 11 : Prévision des pluies par la loi de GALTON.....	20
Tableau II - 12 : Résultat du test de Kolmogorov-Smirnov	21
Tableau II - 13 : Débit des apports annuels.....	25
Tableau II - 14 : Apports moyens mensuels.....	26
Tableau II - 15 : Résultats de calcul des Coefficients de variation.....	29
Tableau II - 16 : Variation de l'apport annuel	30
Tableau II - 17 : Récapitulatif des résultats de calculs de transports solides.....	32
Tableau II - 18 : Débit de crues (MALLET – GAUTHIER)	33
Tableau II - 19 : Débit de crues (SOKOLOVSKY).....	34
Tableau II - 20 : Débit de crues (POSSENTI).....	34
Tableau II - 21 : Débit de crues (TURAZZA).....	34
Tableau II - 22 : Récapitulatif des débits de crues.....	35
Tableau II - 23 : Condition de coefficient de forme δ	35
Tableau II - 24 : Résultats pour les différentes crues	36
Tableau III - 1 : Volume d'eau en fonction de la hauteur	39
Tableau III - 2 : Tableau récapitulatif.....	47
Tableau III - 3 : caractéristique de la retenue	48
Tableau IV - 1 : Pentés des talus.....	52
Tableau IV - 2 : Epaisseur de l'enrochement en fonction de la hauteur de la vague.....	53
Tableau IV - 3 : Coordonnées de la parabole de KOZENY	54
Tableau IV - 4 : données relatives aux tranches.	59
Tableau IV - 5 : Données relatives aux tranches.	61
Tableau V - 1 : Coordonnées du profil type de déversoir.	66
Tableau V - 2 : Intégration numérique de l'équation du régime varié.....	70

Liste des Unités, Symboles et Abréviations

ANRH : Agence National des Ressources Hydrauliques

A : La surface du Bassin Versant en Km^2

L : La longueur du plus long Talweg en Km

L_T : La longueur de tous les cours d'eau en Km

K_G: Indice de compacité de Gravelius.

P_r: Périmètre de bassin versant en Km.

P_a: Périmètre du cercle ayant la même superficie que celle du bassin versant en Km.

L_r : Longueur du rectangle équivalent en Km

I_r : Largeur du rectangle équivalent en Km

H_{max} : Altitude maximale en m

H_{min} : Altitude minimale en m

H_{moy} : Altitude moyenne en m

H_{50%} : Altitude médiane en m

A_i : Surface comprise entre deux courbes de niveau en Km^2 .

h : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau en m.

A_T : Surface total du bassin versant en Km^2 .

I_p : Indice de pente moyenne.

L_r : Longueur du rectangle équivalent en m.

ΔH : Dénivelée entre H_{max} et H_{min} en m.

I_g : Indice de pente globale.

ΔH : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ en m.

D_a : Densité de drainage en Km^{-1}

T_c : le temps de concentration (min) ;

L : la distance maximale (pieds) du chemin hydraulique (cours d'eau le plus long) ;

CN : Paramètre qui dépend des caractéristiques du sol du BV (varie entre 65 et 70 pour notre cas)

I: la pente moyenne du bassin (%).

L : distance maximale (miles) du chemin hydraulique le plus long ;

P_i : Pluies maximales journalières en mm

N : Taille de l'échantillon.

\bar{P} : Précipitation moyenne en mm

σ_{n-1} : L'écart type

C_v : Coefficient de variation

F_{ND} : Fréquence au non dépassement

T : Période de retour en an

α, P₀ : Coefficient d'ajustement déterminés par la méthode des moindres carrées.

A₀ : apport moyen annuel en hm^3

L_e : lame ruisselée (précipitation efficace) en m.

P_a: Pluie moyenne annuelle (m).

q_s: débit spécifique [l/s/km^2]

K : Paramètre de Chaumont

a : Coefficient dépendant des conditions d'écoulement

T_{moy} : Température moyenne annuelle [°C]

A_{F%} : Apport annuel moyen de fréquence donnée (Mm³).

K_s : Coefficient de réduction [K_s = 0,75]

q : Apport annuel moyen [l/s/Km²]

M_e : Module de l'écoulement [l/s]

E_s : Apport solide moyen annuel en suspension (t/Km²/an).

γ_s : Poids spécifique des sédiments (1,5 t/m³)

V_m : Volume mort m³

V_n : Volume normal m³

V_u : Volume utile m³

γ_s : Poids spécifique des sédiments (1,5 t/m³)

R : Ruissellement moyen annuel. [mm] ;

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant

Q_{max} : Débit maximum pour une fréquence donnée (m³/s)

P_{Tc} : Pluie correspondant au temps de concentration en (mm)

f : Coefficient de forme de la crue

b : Exposant de BODY qui est égal à 0,47

μ : Coefficient compris entre 700 – 800

C : Coefficient de ruissellement de la crue (C = 0,85)

t_m : Temps de montée de la crue en heure (t_m = t_c = 0,60 h).

t_a : Temps de la décrue en heure (t_d = δ.t_m).

X.Y : Puissances des courbes (x = 2 ; y = 3).

δ : Coefficient qui dépend des caractéristiques du bassin versant.

Q_m : Débit à l'instant t après le début de la crue.

Q_a : Débit à l'instant t après la décrue.

Q : Le débit entrant de la crue m³/s

q : Le débit déversé par l'évacuateur de crue (débit laminé) m³/s

S : La surface du plan d'eau de la cuvette m²

$\frac{dh}{dt}$: La vitesse de remplissage ou de montée de la retenue m/s

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i en (m²).

S_{i+1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i+1} en (m²).

ΔH : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives.

ΔV_i : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives (m³).

Q_s : Débit sortant en m³/s

m : Coefficient de débit (0.48 pour le déversoir de Creager).

B : Largeur du déversoir m

g : Force gravitationnelle m²/s

h : Hauteur d'eau sur le déversoir m

CNNR : Cote niveau normal de la retenue

CPHE : Cote plus haut eau

Z₀ : Cote du lit de l'oued m

R : Revanche (m)

C : Charge sur le déversoir m

T : Tassement dû au poids de la digue à la fin de la construction qui est égal à environ 1% de la hauteur totale de la digue.

V : Vitesse des vagues en (m/s)

H_v : Hauteur de la vague en (m)
U : La vitesse du vent prise dans notre cas égale 75 Km/h.
L : La longueur de fetch égale à 0,3457 Km ($L < 30$ Km)
B : Largeur de la base en (m)
bc : Largeur de la crête en (m)
Hb : Hauteur du barrage en (m)
m₁, m₂ : Fruit amont et aval respectivement
q : Débit de fuite unitaire en m²/s.
K : Perméabilité du matériau égale à 10⁻⁹ m/s.
α : L'angle que fait le parement aval avec l'horizontale
Q : Le débit de fuite total en m³/s
Ci : Cohésion du sol à la surface de rupture ;
φ_i : Angle de frottement interne du même sol;
Ui : Pression interstitielle régnant à la base de la tranche ;
 Le terme **Ci.li** représente la part due à la cohésion
 Le terme **(Wi.Cos(α i) – Ui.li).tg(φ i)** représente celle due au frottement
 Le terme **Wi.Cos(α i)** représente composante verticale.
Ks : Coefficient de sécurité pour le cercle considéré

Q_c : débit de crue à évacuer (m³/s) ;
bc : largeur du canal d'approche (m) ;
Z : charge d'eau = H+P (m).
V_{app} : Vitesse d'approche m/s
Ks : Coefficient de Strickler : (Ks=71).
I_g : Pente globale %
I_c : Pente critique %
h_c : Hauteur critique m
MDF : Méthode des différences finies
h_m : Hauteur des murs bajoyers (m) ;
H₀ : charge sur le déversoir (m) ;
r : Revanche de sécurité (m)
Fr : Nombre de Froude
Q_e : Débit entrant en m³/s
Q_s : Débit sortant en m³/s
V : Volume d'eau stocké en m³
t : Temps en S

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau joue un rôle capital dans le développement des civilisations. Depuis des centaines d'années, l'homme s'est installé près des points d'eau, qui ont toujours été une source de vie et de bien-être. A milliers d'années, l'eau est célébrée et reconnue comme une ressource sacrée. Aujourd'hui, en raison de la croissance démographique rapide, du développement économique et d'autres défis qui affectent les ressources naturelles, l'eau est devenue un bien précieux.

La préservation des ressources en eau est une priorité majeure qui concerne le monde, particulièrement les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance démographique dans la région risquent d'aggraver la situation du manque hydrique qui touche la plupart des pays du bassin.

L'Algérie est située au sud du bassin de la méditerranée, pays semi-aride, pauvre en eau, en raison des précipitations annuelles moyennes qui sont de 600 mm seulement [1]. L'état Algérien a adopté la politique de la gestion intégrée des ressources en eau qui semble être la solution incontournable pour faire face à la pénurie de l'eau.

Cette approche introduite en Algérie, en 1996, a permis d'enregistrer des améliorations remarquables dans le système de gestion de l'eau.

Une stratégie nationale a été tracée en matière de conservation des eaux et afin de mobiliser le maximum possible des eaux de surface qui se jettent dans la nature, l'état Algérien s'est vu lancer un programme de réalisation de plusieurs centaines de retenue collinaire à travers le territoire nationale [1].

Sur le même contexte, les services techniques de la commune de BENI MELLIKECHE envisagent de projeter une retenue collinaire au niveau de l'Oued IOURAGUENE Situé sur les hauteurs des montagnes du Djurdjura, cette dernière va permettre de stocker des quantités énormes d'eau, afin de les utilisés pour des besoins quotidiens (alimentation en eau potable, irrigation...) de la population de BENI MELLIKECHE, et éventuellement les communes avoisinantes. C'est dans cet objectif que s'étale notre travail sous le thème étude de faisabilité de la retenue collinaire. Notre plan de travail s'articule principalement sur la présentation du site, l'objet de l'étude ; ensuite une étude hydrologique du bassin versant afin de déterminer la pluie moyenne annuelle, définir les différentes périodes de retours, l'apport liquide, apport solide, qui seront utilisés comme données de base pour le chapitre du laminage de crue, ainsi le dimensionnement de la digue et ces ouvrages annexes.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale ainsi qu'une bibliographie.

Chapitre I :

Présentation du Site

I-1 Situation géographique

La retenue collinaire THAMDA OUYDITH sera implantée au niveau de la localité IOURAGUENE, commune de BENI MELLIKECHE, DAIRA de TAZMALT, wilaya de Bejaia. Elle est Située sur les hauteurs des montagnes du Djurdjura qui surplombe la vallée du Sahel, dans le sud-ouest de la WILAYA DE BEJAÏA faisant frontière avec Tizi Ouzou et BOUIRA [2].

Les coordonnées de l'axe de la digue, exprimées dans le système LAMBERT sont :

ATTITUDE = 36°27'49.3''N

LONGITUDE = 4°23'13.5''E

ALTITUDE = 1216.50



Figure I - 1 : Plan de situation

I-2 Justification de l'aménagement

La retenue collinaire sera réalisée sur l'oued IOURAGUEN, qui passe par une zone humide où les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 269 mm à 778,40 mm [9]. Actuellement, la grande partie des eaux de cet oued se jettent directement à Oued BENI MELLIKECHE puis s'achemine vers oued Soummam.

La retenue collinaire va permettre de stocker des quantités énormes d'eau, afin de les utiliser pour des besoins quotidiens (alimentation en eau potable, irrigation...) de la population de BENI MELLIKECHE, et éventuellement les communes avoisinantes. Le réservoir de la retenue va bénéficier de la fonte des neiges et des sources naturelles périphériques, ce qui lui donnera une portée d'éponge pour la réalimentation des nappes de la vallée, les infiltrations dans le sous-sol vont propulser les écoulements sous terrains et contribuer à la renaissance des sources naturelles existantes. L'aménagement en ceinture d'allée de détente va dégager des espaces, où l'on peut les exploiter pour le sport, la culture, le tourisme et les activités commerciales. Son emplacement stratégique sera une source d'approvisionnement des services de forêts ainsi que les sapeurs-pompiers pour la lutte des feux de forêt dont souffre la région [3].

I-3 Choix du site

L'implantation de la retenue a été choisie par rapport aux conditions géologique, hydrologique, une surface de remplissage de la retenue est suffisante, et un volume de stockage d'eau suffisant aux besoins exigés.

I-4 Etude géologique [4]

Nous allons présenter brièvement quelques caractères généraux sur la géologie du bassin de l'oued BENI MLIKECHE. Cette étude nous permet de différencier toutes les unités géologiques en fonction des paramètres lithologique et hydrodynamique (niveau de perméabilité) qui influence sur l'écoulement des eaux de surface au niveau de notre bassin.

Le bassin versant de BENI MLIKECHE (Sous bassin de la Soummam qui est situé dans la partie centrale au Nord de l'Algérie suivant la direction de parallèle 35° 45' et 36° 45'). Cette étendue est de forme irrégulièrement allongée.

Dans le bassin versant de BENI MLIKECHE on trouve des types de sols anciens de formation paléo marécageuse qui sont caractérisés par des formations bien accentués. La carte des sols du bassin de la Soummam a été extraite de la carte des sols de l'Algérie faite par J. Durand en 1954 (Figure I-2). La majorité des sols dans le bassin de la Soummam sont des sols calcaires (riches en calcaire). Ces sols ont généralement une texture légère et sont donc perméables. Au nord du bassin, on rencontre des sols insaturés qui ne contiennent pas de calcaire dont l'argile peut être plus abondante en surface qu'en profondeur ; leurs roches mères sont généralement imperméables ou donnent des produits de décomposition imperméables. Le long des oueds, les sols existants sont des dépôts alluviaux appelés sols alluviaux. En outre on rencontre, en petites quantités des sols calciques et des sols en équilibre peu épais, plus ou moins riches en calcaire et très pauvres en sels solubles.

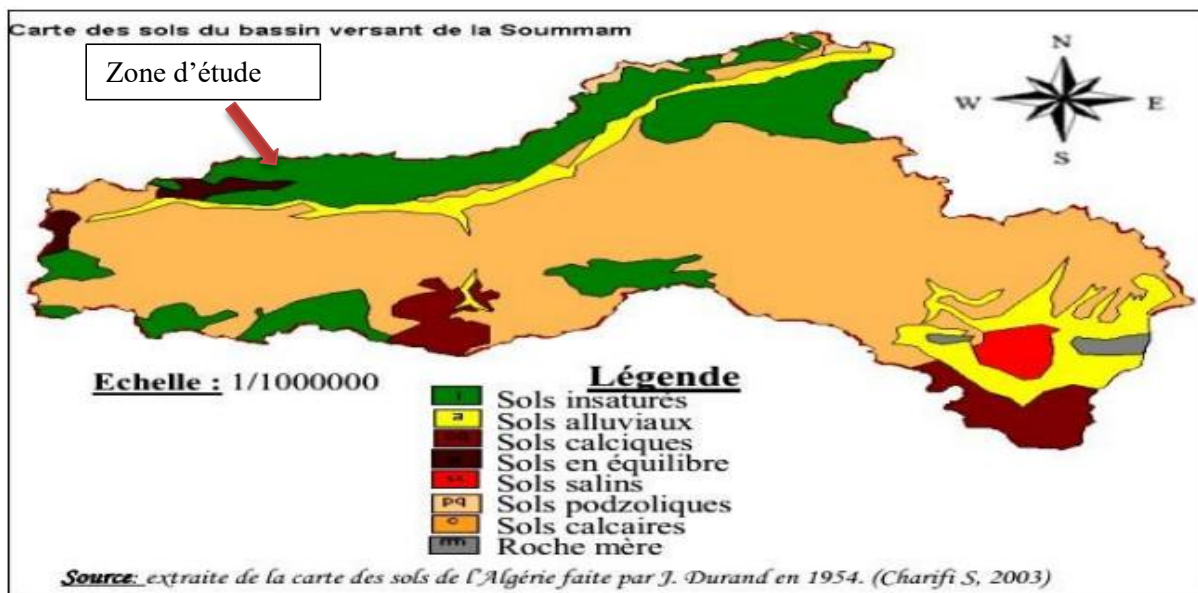


Figure I - 2 : Carte des sols du bassin de la soummam

Ce bassin est délimité principalement par la chaîne montagneuse du Djurdjura, dont le sommet le plus élevé est de 2 308 m d'altitude (Lalla khedidja), tandis que sa limite au sud située aux monts du Hodna. Moins élevée que le Djurdjura (l'altitude maximale est de 1862 m). Vers l'Est et l'Ouest le bassin de la Soummam est ouvert, c'est dans cette partie du bassin que se situent les hauts plateaux de Sétif et de Bouira.

Chapitre II :

Etude Hydrologique

II-1 Introduction

L'hydrologie est la science qui étudie les eaux terrestres, leur origine, leur mouvement et leur répartition sur notre planète, leurs propriétés physiques et chimiques, leurs interactions avec l'environnement physique et biologique et leur influence sur les activités humaines. Au sens strict, c'est la science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature. Elle étudie la distribution géographique et temporelle de l'eau dans l'atmosphère, en surface (lacs et rivières) et dans le sol et le sous-sol. L'hydrologie est une science ouverte qui possède des ramifications dans de nombreux domaines scientifiques.

II-2 Bassin versant

Le bassin versant est l'unité de base pour la détermination du bilan hydrologique, Il est défini comme la surface parcourue par un cours d'eau et ses affluents. Un cours d'eau prend généralement naissance dans une zone à reliefs et draine la surface topographique. Les écoulements convergent vers la section la plus basse du cours d'eau appelée exutoire.



Figure II - 1 : Bassin Versant de la zone d'étude. (Source Google Earth)

Le bassin versant qui alimente la retenue collinaire étudiée, a été délimité par Global Mapper, traité par Covadis 17.0 à une échelle de 1/20000. Suivant les lignes conventionnelles de partage des eaux, ce dernier se caractérise par réseau hydrographique dense. **La figure II – 2**, représente le réseau hydrographique dont le calcul n'est pas insignifiante sur le régime hydrologique.

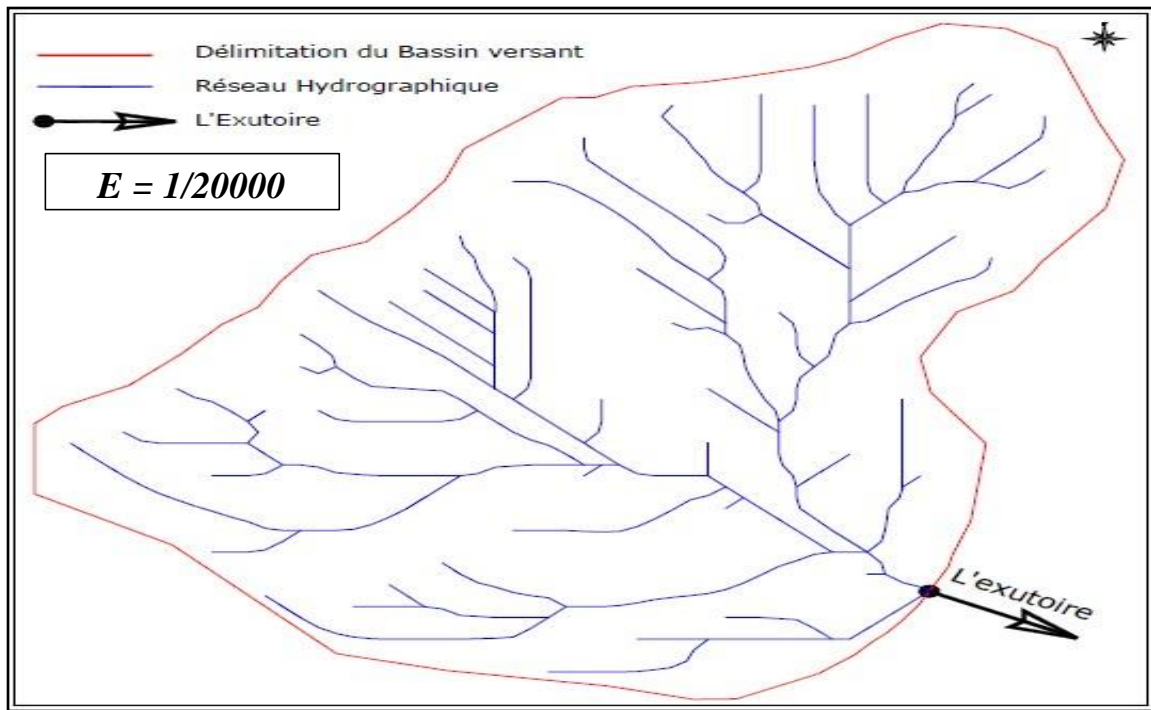


Figure II - 2 : Le réseau hydrographique du bassin versant

La figure II – 3, présente les courbes de niveau du bassin versant qui aliment la retenue collinaire à l'échelle 1/20000, l'équidistance entre les courbes de niveaux est de 10 m.

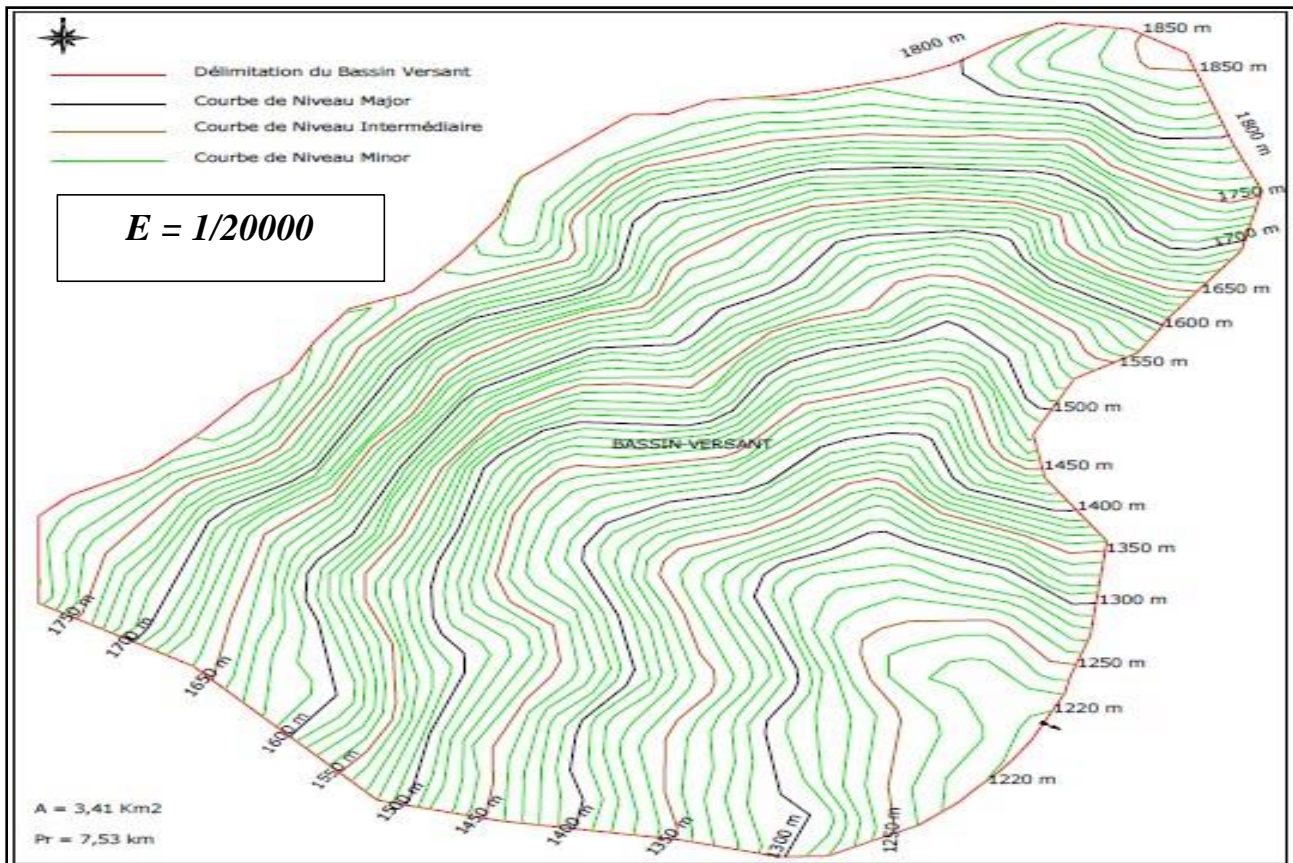


Figure II - 3 : Plan altimétrique du bassin versant

II-2-1 Caractéristique du bassin versant

Les caractéristiques principales de notre bassin versant sont représentées de la manière suivante :

- Les coordonnées de l'exutoire sont : **X = 624,30 Km, Y = 403,63 Km, Z = 1216.50 M**
- La surface du Bassin Versant : **A = 3,41 Km²**
- Le périmètre du Bassin Versant : **P = 7,53 Km**
- La longueur du plus long Talweg : **L = 2,31 Km**
- La longueur de tous les cours d'eau : **L_T = 22,47 Km**

A - Caractéristique de forme

La forme du bassin versant influence fortement sur l'écoulement global et notamment le temps de réponse bassin versant. C'est la configuration géométrique projetée sur un plan horizontal.

A-1- Indice de compacité de Gravelius

Appelé aussi indice de forme, cet indice caractérise la forme du bassin versant, il constitue une comparaison entre le périmètre du bassin, versant à étudier avec celui d'un cercle ayant la même surface.

Le coefficient K_G de Gravelius est supérieur à 1 lorsque la forme du bassin est allongée, et proche de 1 pour un bassin versant de forme circulaire (forme ramassée) [5].

Ce coefficient sert à rendre compte de la vitesse de concentration des débits, de la puissance des crues et de l'érosion [6].

$$K_G = \frac{P_r}{P_a} = 0,28 \times \frac{P_r}{\sqrt{A}} \quad (\text{II-1})$$

K_G : Indice de compacité de Gravelius.

P_r : Périmètre de bassin versant en Km.

P_a : Périmètre du cercle ayant la même superficie que celle du bassin versant en Km.

A : Surface du bassin versant en Km².

$$K_G = 0,28 \times \frac{(7,53)}{\sqrt{3,41}} = 1,14$$

Selon la valeur de K_G on pourra dire que notre bassin versant est allongé.

A-2- Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius

C'est la transformation géométrique du bassin versant en un rectangle de dimensions L_r et l_r , ayant la même surface que celle du bassin versant.

$$L_r = \frac{K_G \times \sqrt{A}}{1,12} \times \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_G} \right)^2} \right] = 2,25 \text{ Km} \quad (\text{II-2})$$

$$l_r = \frac{K_G \times \sqrt{A}}{1,12} \times \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_G} \right)^2} \right] = 1,52 \text{ Km} \quad (\text{II-3})$$

Avec :

K_G : Indice de compacité de Gravelius.

P_r : Périmètre de bassin versant en Km.

A : Surface du bassin versant en Km^2 .

L_r : Longueur du rectangle équivalent.

l_r : Largeur du rectangle équivalent.

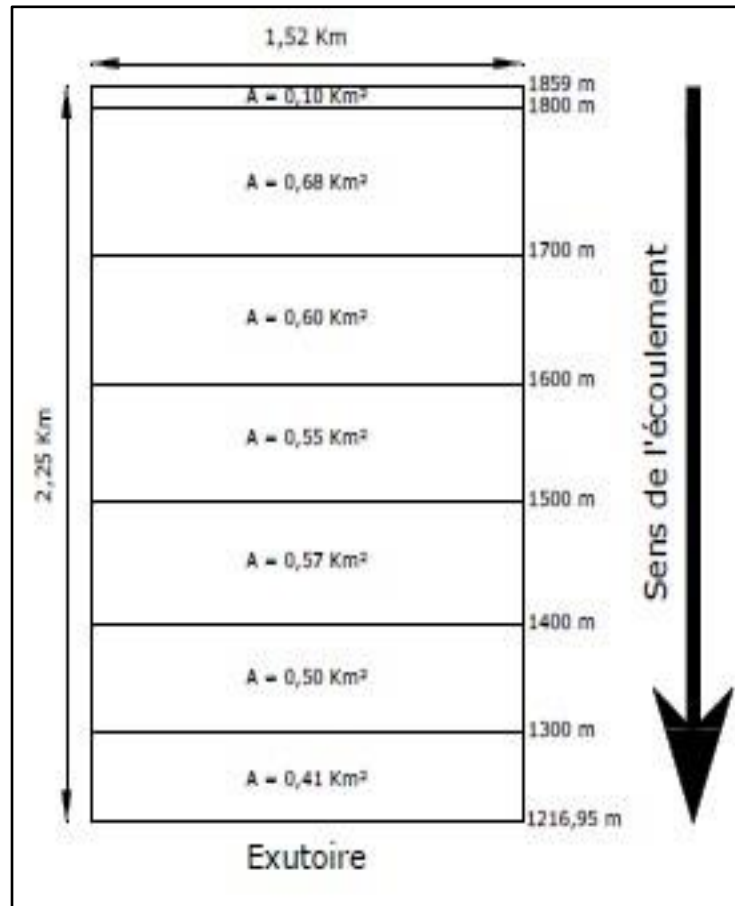


Figure II - 4 : Rectangle équivalent

B – Relief

Le relief agit sur l'écoulement, il restreint le déficit en abaissant la température et accélérant l'écoulement du fait de l'accroissement de la pente.

Ce paramètre peut être illustré à l'aide de la courbe hypsométrique, il peut être caractérisé aussi par l'indice de pente « I_p » ou encore par l'indice de pente globale « I_g ».

B-1- Courbe hypsométrique

Elle est d'une grande importance dans l'étude de relief, la courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin versant, elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

Par une représentation graphique, on porte en ordonnée l'altitude et en abscisse les surfaces partielles cumulées exprimées en (%).

Les surfaces partielles par tranches d'altitudes sont données dans le tableau suivant :

Tableau II - 1 : Variation de la surface en fonction de l'altitude

Altitude (m)	Altitude moyenne (m)	Surface partielle (Km ²)	Surface partielle (%)	Surfaces cumulées (Km ²)	Surfaces cumulées (%)
1859 - 1800	1829,50	0,10	2,93	0,1	2,9
1800 - 1700	1750	0,68	19,94	0,78	22,9
1700 - 1600	1650	0,60	17,60	1,38	40,5
1600 - 1500	1550	0,55	16,13	1,93	56,6
1500 - 1400	1450	0,57	16,72	2,5	73,3
1400 - 1300	1350	0,50	14,66	3	88,0
1300 - 1216,95	1258,48	0,41	12,02	3,41	100,0

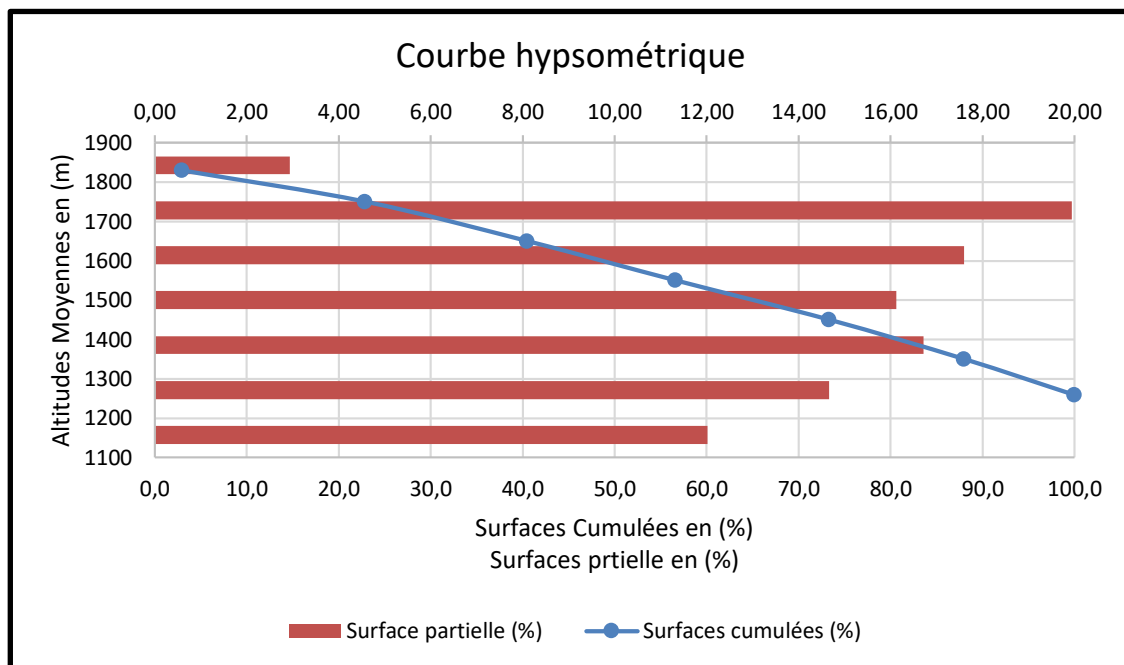


Figure II - 5 : Courbe hypsométrique

B-2- Les altitudes caractéristiques

B-2-1- Altitude maximale (H_{max}) et altitude minimale (H_{min})

La valeur de l'altitude maximale représente le point le plus haut du bassin versant et la valeur de l'altitude minimale représente l'exutoire. Ces valeurs sont obtenues à partir de la carte topographique. Elle détermine l'amplitude du bassin versant et intervient aussi dans le calcul de la pente.

$$H_{max} = 1859 \text{ m}$$

$$H_{min} = 1216,95 \text{ m}$$

$$H_{95\%} = 1297,62 \text{ m}$$

$$H_{5\%} = 1821,54 \text{ m}$$

B-2-2- Altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin versant, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

$$H_{50\%} = 1590,22 \text{ m}$$

B-2-3- Altitude moyenne

L'altitude moyenne se détermine graphiquement à partir de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. Analytiquement on peut utiliser la relation suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum(A_i \times h)}{A_T} = 1534,58 \text{ m} \quad (\text{II-4})$$

H_{moy} : Altitude Moyenne du bassin versant en m.

A_i : Surface comprise entre deux courbes de niveau en Km^2 .

h : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau en m.

A_T : Surface total du bassin versant en Km^2 .

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètre hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologique.

B-3- Indice de pente moyenne du bassin versant (I_p)

La pente moyenne d'un bassin versant est un paramètre important pour la détermination du temps de concentration. La pente moyenne est une caractérisation qui nous renseigne sur la topographie du bassin versant, elle donne une bonne indication sur le parcours de ruissellement et influe directement sur le débit de pointe lors d'une averse. CARLIER et LECLERC (1964) proposent la formule suivante [6] :

$$I_p = \frac{\Delta H}{L_r} \quad (\text{II-5})$$

Où :

I_p : Indice de pente moyenne.

L_r : Longueur du rectangle équivalent en m.

ΔH : Dénivelée entre H_{max} et H_{min} en m.

$$\Delta H = H_{max} - H_{min} = 1895 - 1216,95 = 642,05 \text{ m}$$

$$I_p = \frac{642,05}{2250} = 0,29 = 29\%$$

B-4- Indice de pente globale (I_g)

Permet de déterminer l'influence du relief sur le bassin versant, il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ de la surface du bassin versant et de la longueur de rectangle équivalent.

$$I_g = \frac{\Delta H}{L_r} \quad (\text{II-6})$$

Où :

I_g : Indice de pente globale.

L_r : Longueur du rectangle équivalent en m.

ΔH : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ en m.

$$\Delta H = H_{5\%} - H_{95\%} = 1821,54 - 1297,62 = 523,92 \text{ m}$$

$$I_g = \frac{523,92}{2,25} = 232,85 \text{ m/km}$$

Selon la classification adoptée par l'ORSTOM (France), le relief est dit très fort si l'indice de pente global est supérieur à 100 m/km (Tableau II – 2).

Tableau II - 2 : Variation de la surface en fonction de l'altitude

Classe	Indice de pente I_g (m/Km)	Qualité des reliefs
1	$0 \leq I_g \leq 2$	Relief très faible
2	$5 \leq I_g \leq 10$	Relief faible
3	$10 \leq I_g \leq 5$	Relief assez faible
4	$10 \leq I_g \leq 20$	Relief modérer
5	$20 \leq I_g \leq 50$	Relief assez fort
6	$50 \leq I_g \leq 100$	Relief fort
7	$100 \leq I_g$	Relief très fort

B-5- Indice de pente moyenne du talweg principal

Il est donné par la relation suivante :

$$I = \frac{H_{\text{moy}}}{L} = \frac{1534,58}{2,31} = 664.32 \text{ m/Km} \quad (\text{II-7})$$

Avec L : Longueur du cours d'eau principal.

B-6- Densité de drainage

La densité de drainage introduite par HORTON, est la longueur totale du réseau hydrographique par la surface totale du bassin versant.

$$D_d = \frac{\sum L_T}{A} = \frac{22,47}{3,41} = 6,59 \text{ Km}^{-1} \quad (\text{II-8})$$

Avec :

L_T : Longueur totale des cours d'eau.

D_d : Densité de drainage en Km^{-1}

Plus la densité du drainage est élevée plus elle traduit l'existence d'un terrain imperméable favorisant le ruissellement.

B-7- Temps de concentration

Temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée "hydrologiquement" de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. On peut estimer t_c en mesurant la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement direct.

Plusieurs formules sont utilisées pour calculer le temps de concentration, parmi lesquelles on trouve :

1) Formule de NRCS (1997): [7]

$$T_c = 0,0526 \times \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7} \times L^{0,8} \times I^{-0,5} \quad (\text{II-9})$$

Où :

- T_c** : le temps de concentration (min) ;
L : la distance maximale (pieds) du chemin hydraulique (cours d'eau le plus long) ;
CN : Paramètre qui dépend des caractéristiques du sol du BV (varie entre 65 et 70 pour ton cas)
I : la pente moyenne du bassin (%).
NB : Cette formule a été développée pour les petits Bassins ruraux;

$$Tc = 39,78 \text{ min}$$

2) Formule de Department of Public Works (1995): [7]

$$Tc = 60 \times \left[\left(\frac{11,9 \times L^3}{\Delta H} \right) \right]^{0,385} \quad (\text{II} - 10)$$

Où :

- T_c** : le temps de concentration (min) ;
L : distance maximale (miles) du chemin hydraulique le plus long ;
ΔH : différence d'élévation entre le pic (élévation max.) et le niveau de l'exutoire en pieds (ft);
NB : Cette formule a été initialement développée pour de petits bassins de montagne en Californie ;

$$Tc = 12,46 \text{ min}$$

3) The SCS Lag Formula (Formule de SCS) [7]

$$Tc = 0,0134 \times L^{0,8} \times \left[\left(\frac{1000}{CN-10} \right) \right]^{0,7} \times I^{-0,05} \quad (\text{II} - 11)$$

Où:

- L**: la longueur du chemin hydraulique le plus long (m);
I: la pente (m/m) ;
CN : Paramètre qui dépend des caractéristiques du sol du BV (varie entre 65 et 70 pour notre cas)

$$Tc = 86,51 \text{ min}$$

4) Formule de SOGREAH [8]

La méthode a été mise au point par SOGREAH en réponse à une demande de l'ANRH entre 1986 et 1989. Cette méthode est particulièrement adaptée pour l'étude des petits bassins versants en Algérie et est recommandée à cet effet. La formule est exprimée :

$$Tc = 3 \times \left[\frac{A \times L}{(10 \times I)^2} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (\text{II-12})$$

$$Tc = 35,97 \text{ min}$$

T_c: Temps de concentration (min) ;

- A** : Surface du bassin versant ([km²) ;
L : Longueur de cours d'eau (talweg) principal (km) ;
I : Pente moyenne de cours d'eau (talweg) principal (%)

Analyse des résultats

En raison de la petite superficie du bassin versant, on adopte la formule de SOGREAH pour déterminer le temps de concentration "Tc". Cette formule est préconisée pour les bassins versants de petite taille en Algérie en raison de sa précision et de sa pertinence pour les conditions hydrologiques locales

B-8- La vitesse de ruissellement

Donnée par la formule suivante :

$$V_{\text{rui}} = \frac{L}{T_c} \quad (\text{II} - 12)$$

L : Longueur du Talweg principale en m

T_c : Temps de concentration en S

$$V_{\text{rui}} = \frac{2310}{60 \times 35.97} = 1,07 \text{ m/S}$$

B-9- Tableau récapitulatif

Tableau II - 3 : Tableau récapitulatif

Paramètre	Symboles	Unités	Valeurs
Surface	A	Km ²	3,41
Périmètre	P	Km	7,53
Longueur du Talweg principal	L	Km	2,31
Altitude maximale	H _{max}	m	1859
Altitude moyenne	H _{moy}	m	1534,58
Altitude minimale	H _{min}	m	1216,95
Longueur du rectangle équivalent	L _r	Km	2,25
Largeur du rectangle équivalent	I _r	Km	1,52
Indice de compacité	K _G	/	1,14
Indice de pente moyenne du bassin versant	I _p	%	29
Indice de pente globale	I _g	m/Km	232,85
Indice de pente moyenne du Talweg principal	I	m/Km	664,32
Densité de drainage	D _d	Km ⁻¹	6,59
Dénivelée	D	m	642,05
Temps de concentration	T _c	min	35,97
La vitesse de ruissèlement	V _{rui}	m/s	1,07

II-3 Caractéristique climatique

Le climat de cette région appartient au climat méditerranéen, il se caractérise par un été modéré à chaud et un hiver pluvieux avec des chutes de neige fortes et froides.

II-3-1- Température

Les valeurs moyennes des températures sont données dans le tableau suivant :

Tableau II - 4 : Températures maximales, minimales et moyennes [la région de Bejaia (DATA1982 à 2012) (Climate-Data.org > Algérie > Bejaia.)

Période	Mois	J	F	M	A	M	J	JUI	AOU	S	O	N	D
Température d'air (°C)	Max	14,2	14,6	16,8	19,2	22,3	25,3	28	29,3	27,6	22,9	18,5	15,5
	Min	8,8	8,9	10	11,4	14,2	17,9	20,7	21,5	19,6	16,2	12,6	9,5
	Moy	11,2	11,7	13,4	15,3	18,2	21,6	24,3	25,4	23,4	19,5	15,5	12,5

Max : Température maximale moyenne (°C)

min : Température minimale moyenne (°C)

Moy : Températures moyennes mensuelles (°C)

La température moyenne annuelle pour notre région d'étude est de 17.7 °C

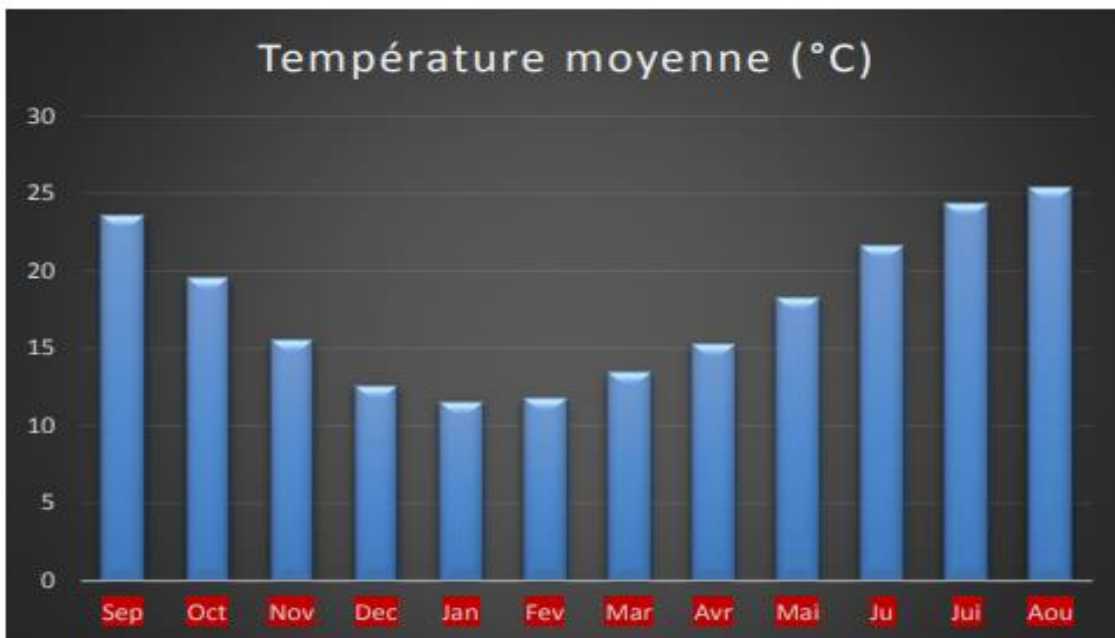


Figure II - 6 : Histogramme de variation des températures mensuelles

II-3-4- La pluviométrie

La pluviométrie est l'évaluation quantitative des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution. La pluviométrie étudie donc la variation annuelle et journalière des quantités et des types de précipitations pour classer le climat des régions. Elle étudie également la période de retour des événements exceptionnels comme les sécheresses et les pluies torrentielles causant des inondations.

A) Stations et données disponibles :

Les données pluviométriques disponibles dans la région ont été acquise à partir de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

Le bassin versant objet de notre étude ne contient pas de station pluviométrique. Néanmoins la station pluviométrique de Tizi Nslib située à proximité de la zone d'étude possède une période d'observation de 50 année, a été utilisée dans cette étude.

Tableau II - 5 : Caractéristique de la station pluviométrique. [4]

N°	Code	Nom de la station	Période d'observation	Longitude (m)	Latitude (m)	Altitude (m)
01	1505004	Tizi Nslib	1978-2004	356,95	661,95	1050

B) Précipitations moyennes mensuelles

Le tableau ci-dessous représente la répartition moyenne mensuelle établie sur la base des observations faites à la station de Tizi Nslib

Tableau II - 6 : Caractéristique des moyennes mensuelles. [9]

Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Ju	Jui	Aout	Moy
Tizi Nslib	13,8	17	157,8	134,6	213,6	65	34,2	119,7	10,8	1,9	6,3	3,6	64,8

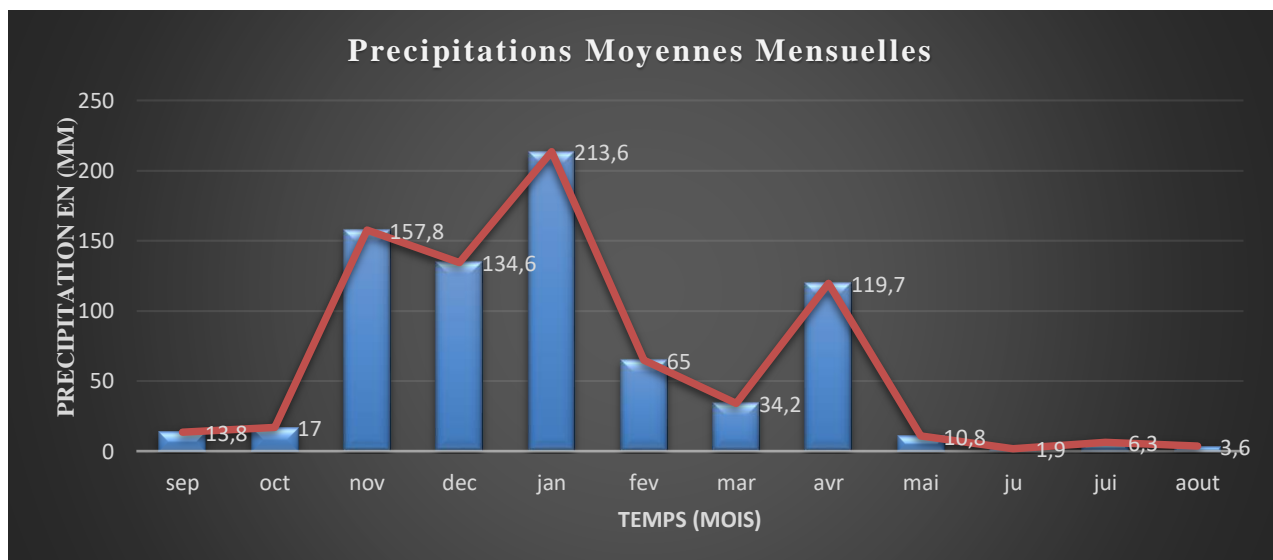


Figure II - 7 : Précipitations moyennes mensuelles

En observe l'évolution des précipitations durant l'année, nous remarquons que l'année peut être divisée en trois périodes distinctes :

- Une période humide qui correspond au mois (Novembre jusqu'à Mai).
- Une période relativement sèche qui correspond au mois (Septembre, Octobre).
- Une période sèche qui correspond au mois (juin, juillet et août).

D'autre part, les mois les plus pluvieux, sont Novembre ; Décembre et Janvier, et les mois les plus secs sont représentés par Juin, Juillet et Août.

C) Précipitations moyennes annuelles

La pluviométrie moyenne annuelle du bassin versant est tirée de la carte des isohyètes de l'ANRH, est prise égale à

Les caractéristiques des Pluies annuelles de la station sont données dans le tableau suivant :

Tableau II - 7 : Série pluviométrique mensuelles de la station Tizi Nslib, Akbou. [9]

Station : Tizi Nslib ; Code ANRH : 15 05 04 ; Coordonnées : X= 356,95 m ; Y=661,95 m ; Z= 1050 m ; Période : 1978 - 2004							
OBS	Année	P _{an} (mm)	P _{j,max} (mm)	OBS	Année	P _{an} (mm)	P _{j,max} (mm)
Obs.1	1978	89.1	19	Obs.15	1992	488.1	44.7
Obs.2	1979	572.8	44.5	Obs.16	1993	482.6	41
Obs.3	1980	555.9	39.7	Obs.17	1994	403.6	24.6
Obs.4	1981	518.2	47.7	Obs.18	1995	498.3	28.4
Obs.5	1982	367.3	32	Obs.19	1996	269	18
Obs.6	1983	622.7	47.2	Obs.20	1997	484.2	39.1
Obs.7	1984	698.8	72.4	Obs.21	1998	454.9	24.8
Obs.8	1985	610.7	40.3	Obs.22	1999	318.4	50.4
Obs.9	1986	553.2	38	Obs.23	2000	427.9	62.2
Obs.10	1987	402.9	26.5	Obs.24	2001	368.7	31.3
Obs.11	1988	559.2	137	Obs.25	2002	778.4	78.2
Obs.12	1989	490.1	39.4	Obs.26	2003	643.7	45.7
Obs.13	1990	641.4	47.3	Obs.27	2004	583.2	44.8
Obs.14	1991	594.3	43.2				

Tableau II - 8 : Caractéristique des pluies annuelles.[9]

Station	P Moy (mm)	P Max (mm)	P Min (mm)	P _{Max} / P _{Min}
Tizi Nslib	529,119	778,40	269	2,89

D) Ajustement des pluies maximales journalières

Les pluies journalières sont souvent génératrices des crues exceptionnelles. Pour cela, il est important d'effectuer un ajustement statistique d'une loi théorique à la série d'observations afin de déterminer les précipitations maximales journalières fréquentielles.

L'ajustement sera effectué à l'aide du logiciel HyfranPlus.

1 - Ajustement de la série à la loi de GUMBL [10]

1 – 1 La précipitation moyenne

$$\bar{P} = \sum \frac{P_i}{N} = 44,72 \text{ mm} \quad (\text{II-13})$$

P_i : Pluies maximales journalières qui sont données dans le tableau ci-dessous .

N : Taille de l'échantillon.

1 – 2 L'écart type

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum(P_i - \bar{P})^2}{N-1}} = 23,24 \quad (\text{II-14})$$

1 – 3 Le coefficient de variation

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{P}} = 0,52 \quad (\text{II-15})$$

1 – 4 La fréquence au non dépassement (FND)

Elle est donnée par :

$$F(P) = e^{-e^{(-\alpha(P-P_0))}} \quad (\text{II-16})$$

$$F_{ND} = 1 - \frac{1}{T} \quad (\text{II - 17})$$

T : Période de retour en an

α, P_0 : Coefficient d'ajustement déterminés par la méthode des moindres carrés.

Sachant que :

$$\frac{1}{\alpha} = 0,78 \quad \sigma = 18,13 \quad (\text{II-18})$$

et

$$P_0 = \bar{P} - 0,45\sigma = 34,26 \text{ mm} \quad (\text{II - 19})$$

On pose

$$Y = \alpha(P - P_0) \quad (\text{II - 20})$$

L'équation (II-16) devient :

$$F(P) = e^{-e^{(-Y)}} \quad (\text{II-21})$$

Où :

Y : Variable réduite de GUMBEL.

Donc :

$$Y = -\ln[-\ln(F(P))] \quad (\text{II-22})$$

Ce qui fait que

$$Y = \alpha(P - P_0) \Rightarrow P = \frac{Y}{\alpha} + P_0$$

Donc :

$$P = 18,13Y + 34,26$$

1 – 5 La fréquence expérimentale

Elle est donnée par :

$$F_i = \frac{n_i - 0,5}{N} \quad (\text{II-23})$$

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau ci- dessous :

Tableau II - 9 : Résultats de l'ajustement de la série par la loi de GUMBEL

Année	P _{j,max} (mm)	Pluies classées en ordre croissant	Rang	F _i	Y _i
1978	19	18	1	0.018	-1.393
1979	44.5	19	2	0.054	-1.074
1980	39.7	24.6	3	0.125	-0.732
1981	47.7	24.8	4	0.161	-0.603
1982	32	26.5	5	0.196	-0.487
1983	47.2	28.4	6	0.232	-0.379
1984	72.4	31.3	7	0.268	-0.276
1985	40.3	32	8	0.304	-0.176
1986	38	38	9	0.339	-0.078
1987	26.5	39.1	10	0.375	0.019
1988	137	39.4	11	0.411	0.117
1989	39.4	39.7	12	0.446	0.215
1990	47.3	40.3	13	0.482	0.315
1991	43.2	41	14	0.518	0.418
1992	44.7	43.2	15	0.554	0.525
1993	41	44.5	16	0.589	0.637
1994	24.6	44.7	17	0.625	0.755
1995	28.4	44.8	18	0.661	0.881
1996	18	45.7	19	0.696	1.017
1997	39.1	47.2	20	0.732	1.165
1998	24.8	47.3	21	0.768	1.331
1999	50.4	47.7	22	0.804	1.520
2000	62.2	50.4	23	0.839	1.742
2001	31.3	62.2	24	0.875	2.013
2002	78.2	72.4	25	0.911	2.370
2003	45.7	78.2	26	0.946	2.899
2004	44.8	137	27	0.982	4.016

1 – 6 Prédiction de pluie par la loi de GUMBEL

Elles sont données par la formule :

$$P = 18,13Y + 34,26$$

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Prédiction des pluies par la loi de GUMBEL

Période de retour (ans)	FND	Y	Pluie fréquentielle (mm)
5	0.80	1.50	61.45
10	0.90	2.25	75.06
20	0.95	2.97	88.11
50	0.98	3.90	105.00
100	0.99	4.60	117.66
500	0.998	6.21	146.91
1000	0.999	6.91	159.49

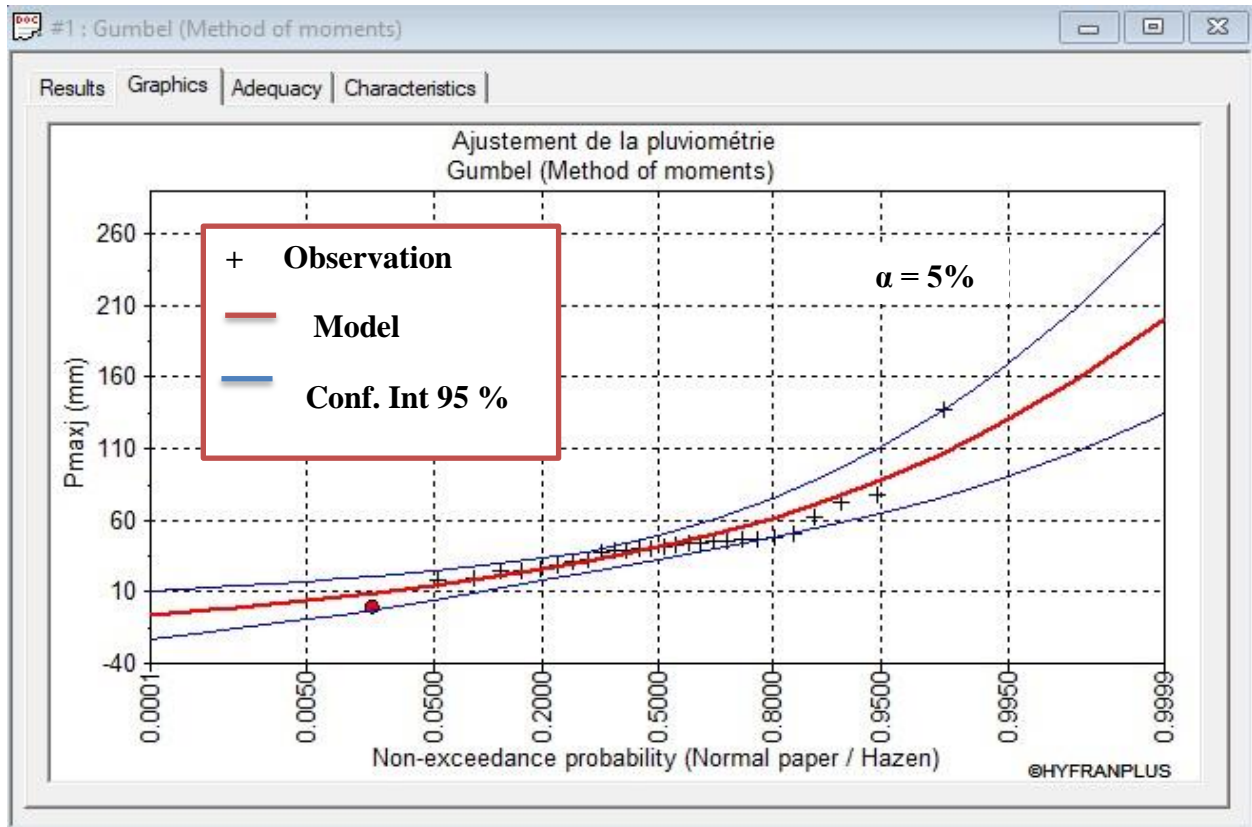


Figure II - 8 : Ajustement de la série par la loi de GUMBEL

2 - Ajustement de la série à la loi de GALTON (LOG NORMALE) [10]

2 – 1 La précipitation moyenne

Elle est donnée par :

$$\bar{P} = \sum \frac{\ln P_i}{N} \quad (\text{II-24})$$

Où :

N : Taille de l'échantillon ; N = 27 ans.

P_{maxj} : Pluie maximales journalières en mm.

$$\bar{P} = 3,70 \text{ mm}$$

2 – 2 L'écart type

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum (\ln P_i)^2 - N \ln \bar{P}^2}{N-1}} \quad (\text{II-25})$$

$$\sigma_{n-1} = 0,43$$

2 – 3 La fréquence expérimentale

$$F_i = \frac{n_i - 0,5}{N}$$

n_i : Le rang de l'observation.

2 – 4 La variable réduite de GALTON (Z_i)

Elle est donnée par la formule suivante :

$$Z_i = \frac{\ln P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad \text{(II-26)}$$

Tableau II - 10 : Résultat de la variable réduite de GALTON (LOG NORMAL)

Année	Pj.max(mm)	Pluies classées en ordre croissant	Rang	Fi	ln P	Zi
1978	19	18	1	0.019	2.890	-1.883
1979	44.5	19	2	0.056	2.944	-1.757
1980	39.7	24.6	3	0.093	3.203	-1.156
1981	47.7	24.8	4	0.130	3.211	-1.138
1982	32	26.5	5	0.167	3.277	-0.983
1983	47.2	28.4	6	0.204	3.346	-0.822
1984	72.4	31.3	7	0.241	3.444	-0.596
1985	40.3	32	8	0.278	3.466	-0.545
1986	38	38	9	0.315	3.638	-0.145
1987	26.5	39.1	10	0.352	3.666	-0.079
1988	137	39.4	11	0.389	3.674	-0.061
1989	39.4	39.7	12	0.426	3.681	-0.043
1990	47.3	40.3	13	0.463	3.696	-0.008
1991	43.2	41	14	0.500	3.714	0.032
1992	44.7	43.2	15	0.537	3.766	0.153
1993	41	44.5	16	0.574	3.795	0.222
1994	24.6	44.7	17	0.611	3.800	0.232
1995	28.4	44.8	18	0.648	3.802	0.238
1996	18	45.7	19	0.685	3.822	0.284
1997	39.1	47.2	20	0.722	3.854	0.359
1998	24.8	47.3	21	0.759	3.857	0.364
1999	50.4	47.7	22	0.796	3.865	0.384
2000	62.2	50.4	23	0.833	3.920	0.512
2001	31.3	62.2	24	0.870	4.130	1.001
2002	78.2	72.4	25	0.907	4.282	1.354
2003	45.7	78.2	26	0.944	4.359	1.533
2004	44.8	137	27	0.981	4.920	2.837

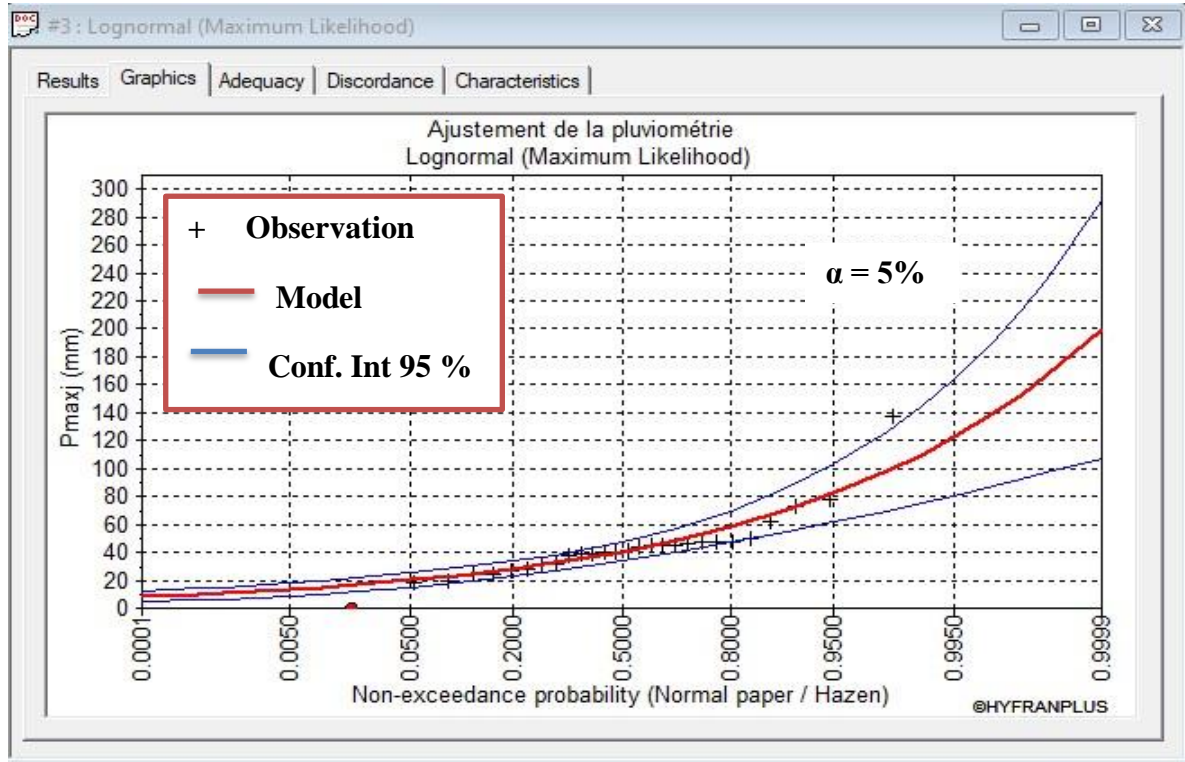


Figure II - 9 : Ajustement de la série par la loi de GALTON

A l'aide du logiciel Hyfran plus nous avons procédé à la confection des graphes d'ajustement par la loi de GUMBEL et celle de GALTON, on observe que les deux graphes sont très proches, mais la série s'ajuste mieux à la loi de GALTON que dans la loi de GUMBEL.

Les caractéristiques des échantillons, les tests d'adéquation des deux lois ainsi que l'homogénéité sont calculés directement à partir du logiciel.

Le teste d'adéquation de Kolmogorov-Siminov va nous permettre de justifier l'examen visuel.

1 – 5 Prédiction des pluies par la loi de GALTON

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II - 11 : Prédiction des pluies par la loi de GALTON

Période de retour (ans)	FND	Z _i	Pluie fréquentielle (mm)
5	0.80	0,841	58,25
10	0.90	1,282	70,33
20	0.95	1,645	82,17
50	0.98	2,054	97,88
100	0.99	2,327	110
500	0.998	2,880	139,3
1000	0.999	3,091	152,5

3 - Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV [10]

On va appliquer le test de Kolmogorov-Smirnov à la série de pluies maximales journalières de la station de Tizi Nselib. La procédure est exposée dans le tableau suivant :

Tableau II - 12 : Résultat du test de Kolmogorov-Smirnov

1	2	3	4	5	6	7	8
Pj.max (mm)	Pluies classées ordre croissant	Rang	FND _{exp}	ln P	Zi	FND _{theo}	D
19	18	1	0.019	2.890	-1.883	0,030	0.011
44.5	19	2	0.056	2.944	-1.757	0.039	0.017
39.7	24.6	3	0.093	3.203	-1.156	0,123	0.030
47.7	24.8	4	0.130	3.211	-1.138	0,127	0.003
32	26.5	5	0.167	3.277	-0.983	0,164	0.003
47.2	28.4	6	0.204	3.346	-0.822	0,206	0.002
72.4	31.3	7	0.241	3.444	-0.596	0,274	0.033
40.3	32	8	0.278	3.466	-0.545	0,291	0.013
38	38	9	0.315	3.638	-0.145	0,440	0.125
26.5	39.1	10	0.352	3.666	-0.079	0,468	0.116
137	39.4	11	0.389	3.674	-0.061	0,476	0.087
39.4	39.7	12	0.426	3.681	-0.043	0,484	0.058
47.3	40.3	13	0.463	3.696	-0.008	0,500	0.037
43.2	41	14	0.500	3.714	0.032	0.512	0.012
44.7	43.2	15	0.537	3.766	0.153	0,560	0.023
41	44.5	16	0.574	3.795	0.222	0,587	0.013
24.6	44.7	17	0.611	3.800	0.232	0,591	0.020
28.4	44.8	18	0.648	3.802	0.238	0,595	0.053
18	45.7	19	0.685	3.822	0.284	0,610	0.075
39.1	47.2	20	0.722	3.854	0.359	0,640	0.082
24.8	47.3	21	0.759	3.857	0.364	0,640	0.119
50.4	47.7	22	0.796	3.865	0.384	0,648	0.148
62.2	50.4	23	0.833	3.920	0.512	0,692	0.141
31.3	62.2	24	0.870	4.130	1.001	0.841	0.029
78.2	72.4	25	0.907	4.282	1.354	0,912	0.005
45.7	78.2	26	0.944	4.359	1.533	0,937	0.007
44.8	137	27	0.981	4.920	2.837	0,998	0.017

- 1- La septième colonne indique les FND théoriques tirées à partir de la table de Gauss pour chaque valeur de Zi.
- 2- La huitième colonne indique la différence.

$$D = | \text{FND}_{\text{exp}} - \text{FND}_{\text{théo}} |$$

- 3- On cherche dans la huitième colonne la valeur du plus grand écart $D_{\text{max}} = 0,148$
- 4- On compare la valeur de D_{max} avec l'écart critique théorique d_n (donné dans la table de Kolmogorov-Siminov) « voir annexe N° II », d'après la table pour $N = 27$ et un niveau de confiance de 95% on $d_n = 0,25438$

- 5- Comme $D_{\max} < d_n$ on accepte que la loi log-normal, ayant pour moyenne des log la valeur 3,70 mm et un écart type des log 0,43, peut représenter les pluies maximales de la station étudiée.

II-4- Les apports liquides

Les apports annuels sont une notion essentielle en hydrologie. C'est le volume d'eau qui arrive en 365 jours à l'exutoire d'un bassin. Son estimation est primordiale pour les calculs du volume d'eau régularisé par la retenue d'un barrage.

La détermination de ces apports est faite de préférence en utilisant les observations hydrométriques, quand elles existent sur le bassin versant propre du site étudié. Dans notre cas, nous ne disposant pas de série hydrométriques au niveau du Talweg principal, alors nous sommes contraints d'avoir recours aux formules empiriques.

Les formules empiriques sont des formules élaborées à partir de données réelles observées dans plusieurs bassins versants différents.

II-4-1- Apport moyen interannuel (A_0)

$$A_0 = L_e \times A$$

A_0 : apport moyen annuel en hm^3

L_e : lame ruisselée (précipitation efficace) en m.

A : surface du bassin versant en km^2

Ils existent plusieurs formules empiriques sont utilisées pour le déterminer de l'apport moyen annuel A_0 .

1) Formule de SAMIE : [8]

$$L_e = P_a^2 (293 - 2.2\sqrt{A}) \quad (\text{II-27})$$

$$A_0 = L_e \times A \quad (\text{II-28})$$

Avec :

L_e : Lame d'eau écoulée (mm).

A_0 : Apport moyen annuel (m^3).

A : Superficie du bassin versant (m^2).

P_a : Pluie moyenne annuelle (m).

$$L_e = ((512,63 \times 10^{-3})^2) * (293 - 2,2 * \sqrt{3,41}) = 75,936 \text{ mm}$$

$$A_0 = 75,936 \times 10^{-3} \times 3,41 \times 10^6 = 0,259 \text{ Hm}^3$$

$$A_0 = 0,259 \text{ Hm}^3$$

2) Formule DERI I : [11]

Donnée par la relation suivante :

$$A_0 = 0.915 \times P_a^{2.684} \times A^{0.842} \quad (\text{II-29})$$

$$A_0 = 0.915 \times 0,513^{2.684} \times 3,41^{0.842} = 0,428 \text{ Hm}^3$$

$$A_0 = 0,428 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 125,42 \text{ mm}$$

A_0 : Apport moyen annuel [Hm^3] ;

P_a : Pluie moyenne annuelle [m] ;

A : Superficie du bassin versant [Km^2].

3) Formule de DERI II : [11]

L'apport est donné par la relation suivante :

$$A_0 = L_e \times A$$

$$L_e = 31,56 \times q_s \quad (\text{II-30})$$

$$q_s = 11,8 \times P_a \quad (\text{II-31})$$

A_0 : apport moyen [m^3]

A : superficie du bassin versant [km^2]

L_e : Lamme d'eau écoulé [m]

P_a : pluviométrie moyenne annuelle [mm]

q_s : débit spécifique [l/s/km^2]

$$A_0 = 0,193 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 56,54 \text{ mm}$$

4) Formule de L'ANRH : [11]

La formule de l'ANRH est exprimée par la formule suivante :

$$A_0 = 0,513 \times P_a^{2,683} \times D_d^{0,5} \times A^{0,842} \quad (\text{II-32})$$

L_e : Lamme d'eau écoulée [mm] ;

A_0 : apport moyen [m^3]

P_a : Pluies annuelles en [m] ;

A : Superficie de bassin versant [Km^2] ;

D_d : Densité de drainage [Km/Km^2] :

$$A_0 = 0,616 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 180,63 \text{ mm}$$

5) Relation de CHAUMONT (1963) [8]

Chaumont a introduit les conditions d'écoulement (la géologie, nature de terrain, la pente), il a obtenu une relation qui dépend de : la pluie annuelle, la surface du bassin versant, le coefficient des conditions d'écoulement. Elle est exprimée par la relation suivante :

$$L_e = P_a \left(1 - 10^{-KP_a^2} \right) \quad \text{(II-33)}$$

L_e : Lamme d'eau écoulee [mm] ;

P_a : Pluies annuelles en [m] ;

A : Superficie de bassin versant [Km²] ;

K : Paramètre de Chaumont, obtenu par l'équation suivante :

$$K = a - 0.01 \times \log(A) \quad \text{(II-34)}$$

K : Paramètre de Chaumont ;

A : Superficie de bassin versant [Km²] ;

a : Coefficient dépendant des conditions d'écoulement, $a = 0,20$ (dans les régions à écoulement favorable : Géologie imperméable, terrain nu et avec fortes pentes).

$$A_0 = 0,194 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 56,96 \text{ mm}$$

6) Formule de TURC :

$$L_e = P_a - D \quad \text{(II-35)}$$

D : Déficit de l'écoulement (mm) tel que :

$$D = \left[\frac{P_a}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{P_a}{L}\right)^2}} \right] \quad \text{(II-36)}$$

L : Variable théorique à savoir :

$$L = 300 + 25 \times T_{\text{moy}} + 0,05 \times T_{\text{moy}}^3 \quad \text{(II-37)}$$

$$L = 460,73 ; \text{ avec } T_{\text{moy}} = 17^\circ\text{C}$$

$$D = \left[\frac{512,63}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{512,63}{460,73}\right)^2}} \right] = 350,59 \text{ mm}$$

$$A_0 = 0,553 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 162,04 \text{ mm}$$

L_e : Lamme d'eau écoulee [mm] ;

P_a : Pluies annuelles en [m] ;

A : Superficie de bassin versant [Km²] ;

T_{moy} : Température moyenne annuelle [°C] ;

7) Formule de MALLET-GAUTIER :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$L_e = 0,6 \times P_a \times \left(1 - 10^{-0,36 \times P_a^2} \right) \quad (\text{II-38})$$

L_e : Lamme d'eau écoulée [mm] ;

P_a : Pluies annuelles en [m] ;

A : Superficie de bassin versant [Km²] ;

$$A_0 = 0,206 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 60,33 \text{ mm}$$

8) Formule de MEDINGUER :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$L_e = 1,024 \times (P_a - 0,26)^2 \quad (\text{II-39})$$

L_e : Lamme d'eau écoulée [mm] ;

P_a : Pluies annuelles en [m] ;

A : Superficie de bassin versant [Km²] ;

$$A_0 = 0,224 \text{ Hm}^3$$

$$L_e = 65,55 \text{ mm}$$

Remarque :

Les débits des apports annuels sont donnés par la formule suivante :

$$Q = \frac{A_0}{365 \times 24} \quad (\text{II-40})$$

Tableau II - 13 : Débit des apports annuels

Formule utilisée	Lamme d'eau (m)	Apport (m ³)	Débit (m ³ /h)
Formule de SAMIE	0,076	259000	29,57
Formule de DERI I	0,125	428000	48,86
Formule de DERI II	0,057	193000	22,03
Formule de l'ANRH	0,181	616000	70,32
Relation de CHAUMONT	0,057	194000	22,15
Formule de TRUC	0,162	553000	63,13
Formule de MALLET-GAUTIER	0,06	206000	23,52
Formule de MEDINGUER	0,066	224000	25,57
Moyenne	0,098	334125	38,14

II-4-2- Préparation mensuelle de l'apport moyen

La distribution des apports mensuels en pourcentage de l'apport interannuel a été établit sur la base de la répartition mensuelle de la pluviométrie en question étant génératrice des apports de l'oued.

Tableau II - 14 : Apports moyens mensuels

Mois	P_a (mm)	Apport (%)	Apport (m ³)
Septembre	30,65	5,85	19546,31
Octobre	36,2	6,9	23054,63
Novembre	65,13	12,42	41498,33
Décembre	92,91	17,72	59206,95
Janvier	82,48	15,73	52557,86
Février	63,47	12,1	40429,13
Mars	50,2	9,57	31975,76
Avril	50,18	9,57	31975,76
Mai	32,77	6,25	20882,81
Juin	7,23	1,38	4610,93
Juillet	4,12	0,79	2639,59
Aout	9,01	1,72	5746,95
Totale	524,36	100	334125,00

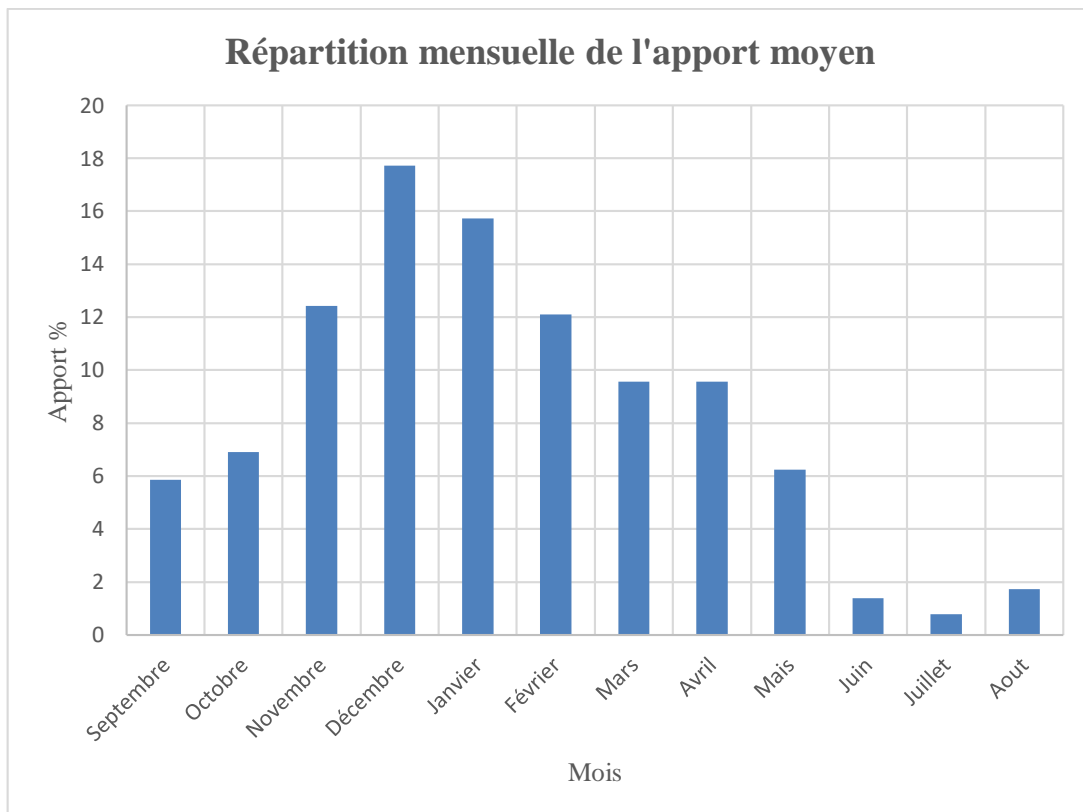


Figure II - 10 : Répartition mensuelle de l'apport moyen

II-4-3- Variabilités de l'apport annuel [12]

Le calcul de la variation de l'apport annuel moyen s'effectue en ajoutant les apports avec la loi log normale ou la loi de GALTON.

En effet, d'après les études hydrologiques établies par l'ANRH pour les bassins de la méditerranée [5], l'application de la loi log normale donne des résultats satisfaisants. Elle est donnée par la relation suivante :

$$A_{F\%} = \frac{A_0}{\sqrt{(C_v^2+1)}} e^{u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}} \quad (\text{II-41})$$

Avec :

$A_{F\%}$: Apport annuel moyen de fréquence donnée (Mm^3).

A_0 : Apport annuel moyen (Mm^3).

C_v : Coefficient de variation.

u : Variable de GAUSS correspondant à une fréquence donnée (tirées de la table de Gauss).

A) Calcul du coefficient de variation C_v

1) Formule de PADAUN :

Elle est donnée par :

$$C_v = \frac{K_s}{q^{0,23}} \quad (\text{II-42})$$

$$M_e = \frac{A_0}{T} \quad (\text{II-43})$$

$$q = \frac{M_e}{A} \quad (\text{II-44})$$

K_s : Coefficient de réduction [$K_s = 0,75$] ;

q : Apport annuel moyen [$l/s/Km^2$] ;

A_0 : Apport moyen annuel [mm] ;

T : Temps d'une année en secondes ;

$$T = 31\,536\,000 \text{ s}$$

M_e : Module de l'écoulement [l/s] ;

$$C_v = \frac{0,75}{3,107^{0,23}} = 0,58$$

2) Formule d'ANTONOV :

$$C_v = \frac{0,7}{(A+1000)^{0,097}} \quad (\text{II-45})$$

A : Superficie du bassin en [km^2]]

$$C_v = \frac{0,7}{(3,41+1000)^{0,097}} = 0,36$$

3) Formule d'OURKGUIP-ROVODKHOZ :

$$C_v = \frac{0,7}{q^{0,125}} \quad (\text{II-46})$$

$$C_v = \frac{0,7}{3,107^{0,125}} = 0,61$$

4) Formule de SOKOLOVSKY :

$$C_v = \alpha - 0,063 \log(A+1) \quad (\text{II-47})$$

A : Superficie du bassin versant [km²];

α : Paramètre de SOKOLOVSKY, il est obtenu par la relation suivante :

$$\alpha = 0,78 - 0,29 \log(q) \quad (\text{II-48})$$

q : Module de l'écoulement relatif [l/s/km²]

$$\alpha = 0,78 - 0,29 \log(3,107) = 0,64$$

$$C_v = 0,64 - 0,063 \log(3,41+1) = 0,60$$

5) Formule de KRISREKLY MENKEL :

$$C_v = \frac{0,83}{A^{0,06} \times q^{0,27}} \quad (\text{II-49})$$

A : Superficie du bassin versant [km²];

q : Module de l'écoulement relatif [l/s/km²];

$$C_v = \frac{0,83}{3,41^{0,06} \times 3,107^{0,27}} = 0,57$$

Les résultats de calcul du coefficient de variation sont définis dans le tableau ci-dessous :

Tableau II - 15 : Résultats de calcul des Coefficients de variation.

Auteur	Apport moyen annuel "A0" (m ³)	Module de l'écoulement "Me" (l/s)	Module de l'écoulement spécifique "q" (l/s/km ²)	Débit (m ³ /s)	Lame d'eau écoulé Le (mm)	Coefficient d'écoulement "Ce"	Coefficient de variation (Cv)				
							PADALUN	OURKGUIP- ROVODKHOZ	SOKOLOVSKY	KRISREKLY MENKEL	MOYENNE
SAMIE	259000	8,213	2,408	0,008	76	0,148	0,61	0,63	0,63	0,61	0,62
DERI I	428000	13,572	3,980	0,014	125	0,244	0,55	0,59	0,57	0,53	0,56
DERI II	193000	6,120	1,795	0,006	57	0,111	0,66	0,65	0,67	0,66	0,66
P'ANRH	616000	19,533	5,728	0,020	181	0,353	0,50	0,56	0,52	0,48	0,52
CHAUM ONT	194000	6,152	1,804	0,006	57	0,111	0,65	0,65	0,67	0,66	0,66
TRUC	553000	17,535	5,142	0,018	162	0,316	0,51	0,57	0,53	0,50	0,53
MALLE T- GAUTIE R	206000	6,532	1,916	0,007	60	0,117	0,65	0,65	0,66	0,65	0,65
MEDIN GUER	224000	7,103	2,083	0,007	66	0,129	0,63	0,64	0,65	0,63	0,64
Moyenne	334125	10,595	3,107	0,011	98	0,191	0,60	0,62	0,61	0,59	/

B) Calcul de la variation de l'apport annuel :

La loi log normale devient :

$$A_{F\%} = \frac{A_0}{\sqrt{(Cv^2+1)}} e^{U\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

$$A_{F\%} = X * e^{U*Y} \quad \text{(II-50)}$$

Tel que : X représente : $\frac{A_0}{\sqrt{(Cv^2+1)}}$, et Y : $\sqrt{\ln(Cv^2+1)}$

$$FND = 1 - \frac{1}{T}$$

FND : Fréquence de non dépassement

T : Période de retour

Tableau II - 16 : Variation de l'apport annuel

AUTEUR	Apport moyen annuel "A0" (m ³) * 10 ⁶	Coefficient de variation					T	2	5	10	20	50	100	200	500	1 000																		
		PADAUN	OURKGUIP- ROYODKHOZ	SOKOLOVSKY	KRISREKLY MENKEL	MOYENNE																												
SAMIE	0,259	0,61	0,63	0,63	0,61	0,62	FND	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999	U	0	0,841	1,282	1,645	2,054	2,327	2,575	2,88	3,091	1,281	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149
DERI I	0,428	0,55	0,59	0,57	0,53	0,56	AF%	0,220	0,356	0,457	0,562	0,710	0,829	0,955	1,136	1,281	0,374	0,579	0,728	0,880	1,089	1,255	1,428	1,674	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149			
DERI II	0,193	0,66	0,65	0,67	0,66	0,66	0,161	0,267	0,348	0,432	0,552	0,651	0,755	0,906	1,029	1,281	0,161	0,267	0,348	0,432	0,552	0,651	0,755	0,906	1,029	1,281	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149	
L'ANRH	0,616	0,50	0,56	0,52	0,48	0,52	0,547	0,824	1,021	1,218	1,486	1,697	1,914	2,220	2,460	2,811	0,547	0,824	1,021	1,218	1,486	1,697	1,914	2,220	2,460	2,811	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149	
CHAUMONT	0,194	0,65	0,65	0,67	0,66	0,66	0,162	0,268	0,349	0,434	0,555	0,653	0,758	0,910	1,033	1,281	0,162	0,268	0,349	0,434	0,555	0,653	0,758	0,910	1,033	1,281	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149	
TRUC	0,553	0,51	0,57	0,53	0,50	0,53	0,489	0,742	0,924	1,106	1,355	1,552	1,755	2,042	2,267	2,811	0,489	0,742	0,924	1,106	1,355	1,552	1,755	2,042	2,267	2,811	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149	
MALLET- GAUTIER	0,206	0,65	0,65	0,66	0,65	0,65	0,173	0,284	0,370	0,458	0,584	0,687	0,795	0,953	1,080	1,281	0,173	0,284	0,370	0,458	0,584	0,687	0,795	0,953	1,080	1,281	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149	
MEDINGUER	0,224	0,63	0,64	0,65	0,63	0,64	0,189	0,309	0,399	0,494	0,627	0,736	0,850	1,016	1,149	1,281	0,189	0,309	0,399	0,494	0,627	0,736	0,850	1,016	1,281	1,868	1,029	2,460	1,033	2,267	1,080	1,149		

II-5- Apport solides [12]

A – Généralité

Les apports solides sont constitués d'une part, de matériaux grossiers charriés sur le fond du lit de l'oued et qui s'accumulent en amont de la retenue, et d'autre part d'éléments fins transportés en suspension et qui se déposent par décantation sur le fond de la retenue de la rivière.

Les apports solides dépendent de relief du bassin versant, de la nature géologique du sol et de leurs résistances à l'érosion, liée elle-même à la couverture végétale, au régime des pluies et des températures. L'envasement d'une retenue sera d'autant rapide que la capacité de la réserve sera faible vis-à-vis du débit solide qui lui-même, est proportionnel à la surface du bassin versant.

Les apports solides sont importants en Algérie où l'érosion est intensive et sont soumises à des précipitations malles réparties dans l'année.

B - Evaluation de l'apport solide

En tout point d'une rivière d'alimentation, le débit solide est défini par les caractéristiques hydrologiques de son bassin versant.

L'absence des mesures sur le transport solide oblige à avoir recours aux méthodes empiriques.

1- Formule de TIXERONT :

La formule de TIXERONT a été élaborée sur la base de paramètre de perméabilité du bassin versant et la lame d'eau ruisselée. Elle est obtenue par la relation suivante :

$$E_s = 92 \times L_e^{0,21} \quad (\text{II-51})$$

Avec :

E_s : Apport solide moyen annuel en suspension (t/Km²/an).

L_e : Lamme d'eau écoulée. (mm).

Cette formule est uniquement valable pour la région Est de l'Algérie.
L'apport solide annuel A_s est exprimé par :

$$A_s = E_s \times A \quad (\text{II-52})$$

A : Surface du bassin versant. (Km²).

Remarque :

Le charriage de fond peut représenter 10 à 30 % du transport solide en suspension calculé ci-dessus. On prendra 15%.

C - Calcul du volume mort :

$$V_m = 1,15 \times \frac{A_s \times T}{\gamma_s} \quad (\text{II-53})$$

T : Temps d'exploitation ($T = 30$ ans) ;

γ_s : Poids spécifique des sédiments (1,5 t/m³) ;

2- Formule de SOGREAH :

Cette formule, qui a été élaborée à partir de données collectées dans 30 bassins algériens, est décrite comme suit :

$$E_s = \alpha \times R^{0,15} \quad (\text{II-54})$$

E_s : Apport solide moyen annuel (en suspension), taux d'abrasion [t/km²/an] ;

R : Ruissellement moyen annuel. [mm] ;

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du bassin versant ;

α : II varié de 3,5 à 3200 ; il est d'autant plus important que la perméabilité est faible. Pour la région Est Algérien $\alpha = 350$ (perméabilité faible à moyenne).

Les résultats de calcul des apports solides sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II - 17 : Récapitulatif des résultats de calculs de transports solides.

Formule	Lame d'eau "Le" (mm)								
	SAMIE	DERI I	DERI II	ANRH	CHAUMONT	TRUC	MALLET-GAUTIER	MEDINGUER	
	76	125	57	181	57	162	60	66	
SOGREAH	E_s en (t/km ²)	670,18	722,11	641,87	763,34	641,87	750,75	646,83	656,14
	V_m en (m ³ /an)	52562,05	56635,24	50342,12	59869,01	50342,12	58881,32	50730,94	51461,43
TIXERONT	E_s en (t/km ² /an)	228,43	253,59	215,04	274,09	215,04	267,78	217,37	221,76
	V_m en (m ³ /an)	17915,99	19889,38	16865,68	21497,23	16865,68	21002,36	17048,33	17392,99

Nous optons pour le résultat obtenu par la méthode de TIXERONT avec la lame d'eau obtenue par la formule de l'ANRH soit 274,09 t/km².an.

II-6- Etude des crues [12]

Les crues sont des écoulements variables dont lesquelles les débits atteignent des valeurs importantes. L'estimation des crues révèle une grande importance pour la sécurité de l'ouvrage à implanter. Les paramètres définissant une crue sont :

- 1- Le débit maximum de la crue (débit de pointe).
- 2- Le volume de la crue.
- 3- Le temps de base.
- 4- La forme de la crue (Hydro gramme des crue).

Pour la détermination du débit de pointe probable de la crue des différentes périodes de retour, par manque d'observation, différentes formules empiriques ont été sélectionnées pour le calcul.

II-6-1- Calcul de débit des crues [12]

1) Formule de MALLET – GUATHIER :

La formule suivante a été établie pour les Oueds Algériens pour déterminer les débits de crue de différentes fréquences :

$$Q_{\max} = \frac{2 \times K \times \log(1 + a \times P_{\text{moy}}) \times A \sqrt{1 + 4 \log T - \log A}}{\sqrt{L}} \quad (\text{II-55})$$

Avec :

Q_{\max} : Débit maximum pour une fréquence donnée (m^3/s).

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (m).

A : Surface du bassin versant (Km^2).

L : Longueur du talweg principale (Km).

K : Coefficient dépendant des caractéristiques du bassin varie entre 1 et 3 ($K = 2$).

a : Paramètre du bassin varie entre 20 et 30 ($a = 25$).

T : Période de retour (an)

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau II - 18 : Débit de crues (MALLET – GAUTHIER)

T (an)	5	10	20	50	100	500	1000
Q_{\max} (m^3/s)	18,49	21,64	24,38	27,59	29,79	34,36	36,15

2) Formule de SOKOLOVSKY :

$$Q_{\max} = 0,28 \times \frac{P_{Tc} \times a \times A}{T_c} \times f \quad (\text{II-56})$$

Q_{\max} : Débit maximum de la crue en (m^3/s) ;

T_c : Temps de concentration, $T_c = 0,6 \text{ h}$;

P_{Tc} : Pluie correspondant au temps de concentration en (mm);

A : Superficie du bassin versant en (km^2) ;

f : Coefficient de forme de la crue :

$$f = \frac{12}{(4+3\gamma)} \quad (\text{II-57})$$

Pour $A < 50 \text{ Km}^2$, $\gamma = 2$.

Pour un bassin boisé avec un sol peu perméable, $2 \leq \gamma \leq 2,5$.

Pour un bassin boisé, $3 \leq \gamma \leq 4$.

On prend : $\gamma = 2$. d'où : $f = 1.2$

T_c : Temps de concentration du bassin ($T_c = 0,60 \text{ h}$).

P_{tc} : Pluie pendant le temps de concentration de la fréquence donnée en mm, déterminée d'après la relation de BODY :

$$P_{tc} = P_{j\max} f(p) \left[\frac{tc}{2a} \right]^b \quad (\text{II-58})$$

b : Exposant de BODY qui est égal à 0,47.

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II - 19 : Débit de crues (SOKOLOVSKY)

T (an)	5	10	20	50	100	500	1000
Pjmax (mm)	61,45	75,06	88,11	105,00	117,66	146,91	159,49
Ptc (mm)	42,73	52,19	61,26	73,01	81,81	102,15	110,89
Qmax (m3/s)	53,03	64,78	76,04	90,62	101,55	126,79	137,65

3) Formule de POSSENTI :

$$Q_{max} = \frac{\mu \times P_{maxj}}{L} \times A \quad (\text{II-59})$$

P_{maxj} : Pluie maximale journalière correspondante à la période de retour donnée.

μ : Coefficient compris entre 700 – 800 ; on prend $\mu = 750$.

L : Longueur du cours d'eau principale (Km).

Les résultats sont représentés donnés dans le tableau ci-après :

Tableau II - 20 : Débit de crues (POSSENTI)

T (an)	5	10	20	50	100	500	1000
Pjmax (mm)	61,45	75,06	88,11	105,00	117,66	146,91	159,49
Qmax (m3/s)	68,03	83,10	97,55	116,25	130,27	162,65	176,58

4) Formule de TURAZZA :

$$Q_{max} = \frac{C \times P_{tc} \times A}{3,6 \times t_c} \quad (\text{II-60})$$

Où :

A : Surface du bassin versant en (Km²).

T_c : Temps de concentration du bassin versant.

C : Coefficient de ruissellement de la crue ($C = 0,85$)

P_{tc} : Pluie durant le temps de concentration (mm).

$$P_{tc} = P_{maxj} \times \left[\frac{t_c}{24} \right]^b \quad (\text{II-61})$$

Où :

b : Exposant climatique pris égale à 0,5.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II - 21 : Débit de crues (TURAZZA)

T (an)	5	10	20	50	100	500	1000
Pjmax (mm)	61,45	75,06	88,11	105,00	117,66	146,91	159,49
Ptc (mm)	9,72	11,87	13,93	16,60	18,60	23,23	25,22
Qmax (m3/s)	13,04	15,93	18,69	22,28	24,96	31,17	33,84

Récapitulation des résultats obtenus est présentée dans le tableau suivant :

Tableau II - 22 : Récapitulatif des débits de crues

T(an)	5	10	20	50	100	500	1000
Formules							
MALLET – GAUTHIER m3/s	18,49	21,64	24,38	27,59	29,79	34,36	36,15
SOKOLOVSKY m3/s	53,03	64,78	76,04	90,62	101,55	126,79	137,65
POSSENTI m3/s	68,03	83,10	97,55	116,25	130,27	162,65	176,58
TURAZZA m3/s	13,04	15,93	18,69	22,28	24,96	31,17	33,84
Moyenne m3/s	46,52	56,51	65,99	78,15	87,20	107,93	116,79

II-6-2- Hydro gramme des crues [12]

L'hydro gramme de crue est une courbe qui représente la variation du débit en fonction du temps en un point donné d'un cours d'eau.

Parmi les méthodes utilisées pour la détermination des hydro grammes de crue, il y a celle de SOKOLOVSKY. Cette méthode assimile l'hydro gramme de crue à deux équations paraboliques l'une pour la montée de la crue et l'autre pour la décrue.

- **Pour la montée de la crue :**

$$Q_m = Q_{max} \times \left(\frac{t}{t_m}\right)^x \quad \text{(II-62)}$$

- **Pour la décrue :**

$$Q_d = Q_{max} \left(\frac{t_d-t}{t_d}\right)^y \quad \text{(II-63)}$$

Où :

t_m : Temps de montée de la crue en heure (t_m = t_c = 0,60 h).

t_d : Temps de la décrue en heure (t_d = δ.t_m).

X.Y : Puissances des courbes (x = 2 ; y = 3).

δ : Coefficient qui dépend des caractéristiques du bassin versant.

Q_m : Débit à l'instant t après le début de la crue.

Q_d : Débit à l'instant t après la décrue.

Le coefficient de forme de l'hydro gramme de crue δ est donné dans le tableau suivant :

Tableau II - 23 : Condition de coefficient de forme δ

Conditions	δ
Petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants dénudés et faiblement perméables.	2 à 2,5
Petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants brisés ou perméables, moyens cours d'eau avec terrasse de lit majeur normales.	3 à 4
Grands et moyens cours d'eau avec des terrasses de débordements étendues.	4 à 7

Pour notre bassin versant $\delta = 2,5$

$$t_d = 2,5 \times 0,6 = 1,5 \text{ heures}$$

- Pour la montée :

$$Q_m = Q_{max} \times \left(\frac{t}{0,6}\right)^2 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pour la décrue :

$$Q_d = Q_{max} \times \left(\frac{1,5 - t}{1,5}\right)^3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Les résultats obtenus pour les différentes fréquences sont représentés dans le tableau ci – dessous.

Tableau II - 24 : Résultats pour les différentes crues

Qmaxp	46,52	56,51	65,99	78,15	87,20	107,93	116,79
Temps (h)	5ans	10ans	20ans	50ans	100ans	500ans	1000ans
La Crue							
t (heures)	Qm (m ³ /s)						
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,32	0,39	0,46	0,54	0,61	0,75	0,81
0,15	2,91	3,53	4,12	4,88	5,45	6,75	7,30
0,3	11,63	14,13	16,50	19,54	21,80	26,98	29,20
0,45	26,17	31,78	37,12	43,96	49,05	60,71	65,69
0,6	46,52	56,51	65,99	78,15	87,20	107,93	116,79
La décrue							
t (heures)	Qd (m ³ /s)						
0,62	9,39	11,41	13,32	15,78	17,61	21,79	23,58
0,63	9,08	11,03	12,88	15,25	17,01	21,06	22,79
0,64	8,77	10,65	12,44	14,73	16,43	20,34	22,01
0,65	8,46	10,28	12,01	14,22	15,87	19,64	21,25
0,66	8,17	9,92	11,59	13,72	15,31	18,95	20,51
0,67	7,88	9,57	11,18	13,24	14,77	18,29	19,79
0,68	7,60	9,23	10,78	12,77	14,25	17,63	19,08
0,69	7,33	8,90	10,39	12,31	13,73	17,00	18,39
0,7	7,06	8,57	10,01	11,86	13,23	16,37	17,72
0,8	4,73	5,74	6,71	7,94	8,86	10,97	11,87
0,9	2,98	3,62	4,22	5,00	5,58	6,91	7,47
1	1,72	2,09	2,44	2,89	3,23	4,00	4,33
1,1	0,88	1,07	1,25	1,48	1,65	2,05	2,21
1,2	0,37	0,45	0,53	0,63	0,70	0,86	0,93
1,3	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,26	0,28
1,4	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

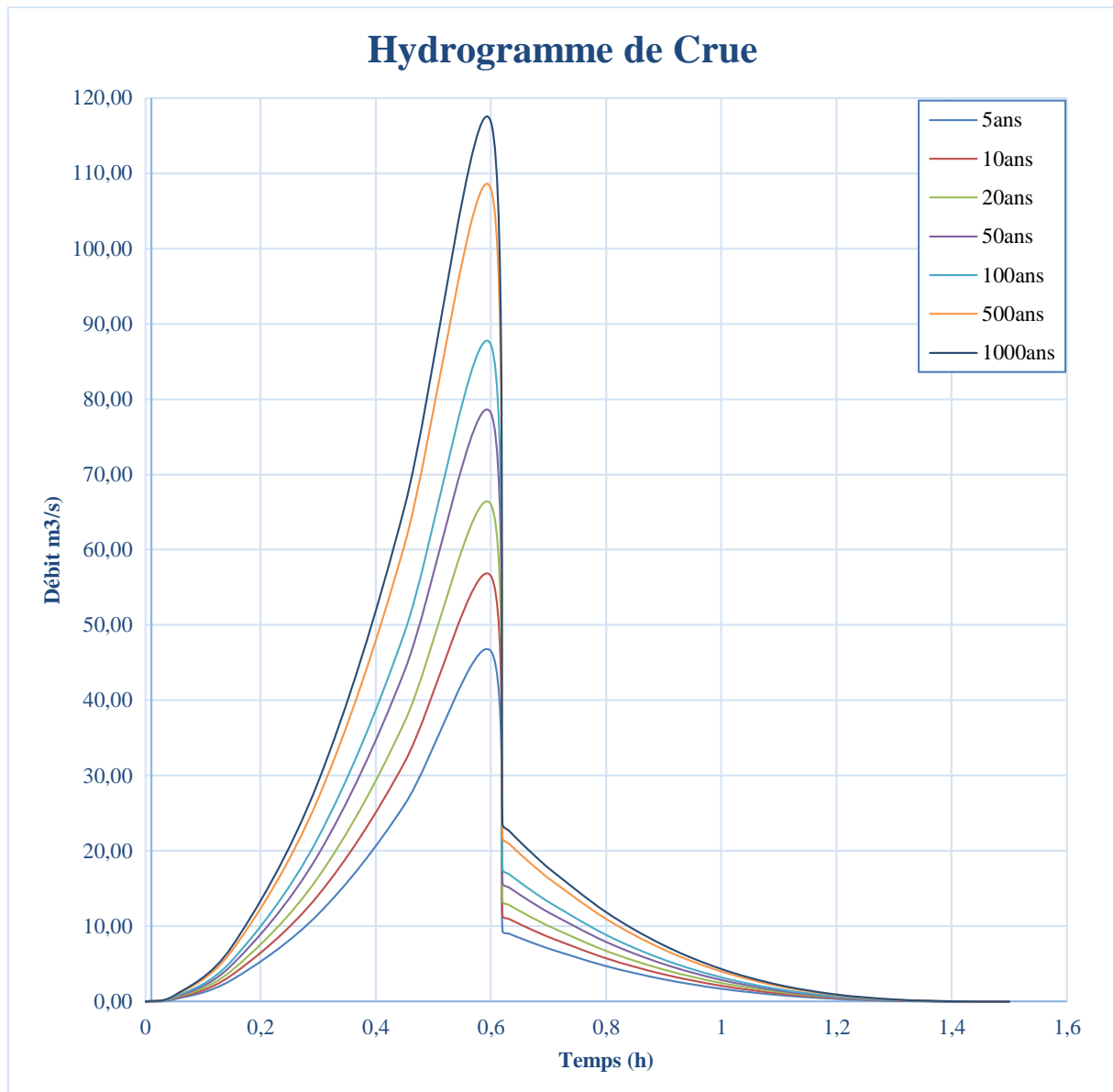


Figure II - 11 : Les Hydrogrammes de Crue

Conclusion :

Les caractéristiques du relief et les données climatiques, ainsi ajustement des données pluviométrique, ont permis de déterminer les apports liquides, et apports solides et les débits de crues pour chaque période de retours. Après avoir calculer le temps de crue et le temps de décrue, on a procédé à la représentation de l'hydrogramme de crue.

Chapitre III :

Laminage de Crue

III – Introduction au laminage

L'effet de laminage, bien connu des hydrauliciens, traduit le phénomène de stockage-déstockage de l'eau dans un certain volume rempli par une inondation. Lors d'une crue, l'augmentation du débit dans une section de rivière se traduit par une augmentation du niveau de l'eau, nécessaire à l'augmentation simultanée de surface mouillée et de pente hydraulique pour respecter les lois fondamentales de l'hydraulique que sont la conservation de la masse et celle de la quantité de mouvement. Les équations de Barré de Saint-Venant couramment utilisées pour représenter le fonctionnement hydraulique d'un cours d'eau, permettent de modéliser ces lois physiques. Pour que le niveau d'eau puisse monter, il faut utiliser une partie du volume d'eau arrivant pour remplir la zone « inondable » proche où le niveau d'eau est directement lié à celui atteint dans le lit principal de la rivière. Il en résulte une déformation de l'hydrogramme de crue avec une diminution du débit instantané maximum et une augmentation de sa durée caractéristique, le volume total restant constant. Ces deux modifications sont celles qui vont nous intéresser principalement pour leur incidence sur la propagation de la crue à l'aval. On comprend aisément l'intérêt de réduire l'intensité maximale de l'événement : la contrainte hydraulique sera réduite d'autant à l'aval d'une zone d'écrêtement de crue améliorant l'efficacité des moyens de protection que l'on peut être amené à y mettre en place.

III-1- But de laminage [12]

Il a pour but principal de déterminer les dimensions optimales de l'évacuateur de crue, afin d'éviter son surdimensionnement qui peut entraîner un coût surélevé de l'ouvrage, et son sous dimensionnement dont les conséquences seront la submersion de l'ouvrage, ce qui peut engendrer la rupture de la digue.

Le calcul du laminage permet d'optimiser la capacité de stockage momentanée de la retenue, et le débit progressif des déversements en fonction de l'apport entrant de la crue. Cette relation peut être formulée comme suit :

$$Q \cdot dt = q \cdot dt + S \times d \quad \text{(III-1)}$$

Avec :

Q : Le débit entrant de la crue.

q : Le débit déversé par l'évacuateur de crue (débit laminé).

S : La surface du plan d'eau de la cuvette.

Le débit cumulé à l'instant t est donné par l'équation différentielle suivant :

$$Q - q = S \cdot \frac{dh}{dt} \quad \text{(III-2)}$$

Avec :

$\frac{dh}{dt}$: La vitesse de remplissage ou de montée de la retenue.

III-2- Courbe de remplissage

L'approximation des volumes a été faite selon l'expression :

$$\Delta V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \Delta H \quad \text{(III-3)}$$

Avec :

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i en (m²).

S_{i+1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i+1} en (m²).

ΔH : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives.

ΔV_i : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives (m³).

Le tableau suivant donne le remplissage de la cuvette en fonction des hauteurs d'eau :

Tableau III - 1 : Volume d'eau en fonction de la hauteur

Alt (m)	ΔH (m)	Ai (m ²)	(Ai+Ai+1)/2 (m ²)	Vi (m ³)	V. cum (m ³)	Modèle Mathématique de la courbe des hauteur	
						Hi	V model (m ³)
1216,5	0,5	0	0	0	0	0	0
1217	1	281,5	140,75	70,375	70,375	0,5	447,064847
1218	1	742,33	511,915	511,915	582,29	1,5	817,9823851
1219	1	1480,08	1111,205	1111,205	1693,495	2,5	1616,041724
1220	1	2693,09	2086,585	2086,585	3780,08	3,5	3555,035917
1221	1	3946,11	3319,6	3319,6	7099,68	4,5	6840,931275
1222	1	4861,6	4403,855	4403,855	11503,535	5,5	11382,92454
1223	1	5773,07	5317,335	5317,335	16820,87	6,5	16969,36846
1224	1	6691,92	6232,495	6232,495	23053,365	7,5	23408,56575
1225	1	7732,15	7212,035	7212,035	30265,4	8,5	30634,43141
1226	1	9033,42	8382,785	8382,785	38648,185	9,5	38777,02353
1227	1	10598,98	9816,2	9816,2	48464,385	10,5	48197,94237
1228	1	12711,84	11655,41	11655,41	60119,795	11,5	59490,59792
1229	1	15112,41	13912,125	13912,125	74031,92	12,5	73445,34583
1230	1	17994,59	16553,5	16553,5	90585,42	13,5	90979,49166
1231	1	24983,41	21489	21489	112074,42	14,5	113032,1637
1232	1	31425,52	28204,465	28204,465	140278,885	15,5	140424,0538
1233	1	36553,37	33989,445	33989,445	174268,33	16,5	173682,0274
1234	1	41281,84	38917,605	38917,605	213185,935	17,5	212828,6007
1235	1	45783,73	43532,785	43532,785	256718,72	18,5	257136,2875
1236	1	50601,69	48192,71	48192,71	304911,43	19,5	304846,8137

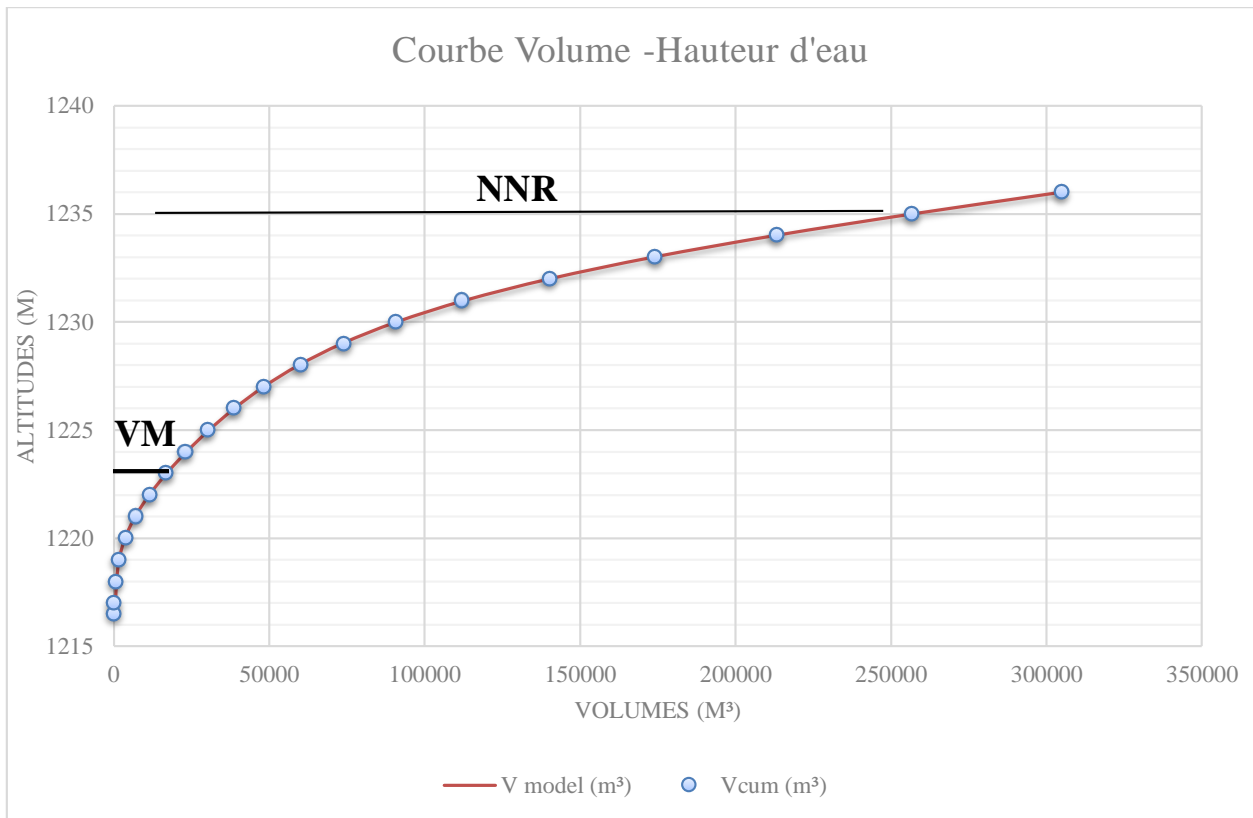


Figure III - 1 : Courbe volume – hauteur d'eau

L'équation du modèle mathématique :

$$Y_1 = a \cdot x_1 + b \cdot x_1^2 + c \cdot x_1^3 + d \cdot x_1^4 + f \cdot x_1^5 + g \cdot x_1^6 \quad \text{(III-4)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 1308.77 \\ b = -1022.58 \\ c = 410.598 \\ d = -49.3048 \\ f = 2.6371 \\ g = -0.0487939 \end{array} \right.$$

$$R^2 = 1$$

III-3- Résolution du débit par la méthode d'équation différentielle (Méthode de Runge-Kutta ordre 4) [13]

Les méthodes de Runge-Kutta sont des méthodes d'analyse numérique d'approximation de solutions d'équations différentielles. Elles ont été nommées ainsi en l'honneur des mathématiciens Carl Runge et Martin Wilhelm Kutta, lesquels élaborèrent la méthode en 1901.

Ces méthodes reposent sur le principe de l'itération, c'est-à-dire qu'une première estimation de la solution est utilisée pour calculer une seconde estimation, plus précise, et ainsi de suite.

La méthode Runge – Kutta est une méthode efficace et largement utilisée pour résoudre les problèmes de valeur initiale des équations différentielles. La méthode Runge – Kutta peut être

utilisée pour construire une méthode numérique précise d'ordre élevé par les fonctions elles-mêmes sans avoir besoin des dérivées d'ordre élevé des fonctions.

III-3-1- Donnée de base

- Niveau normale de la retenue (NNR = 1235 m).
- Hydrogramme de crue
- Crue de projet
- Courbe hauteur-capacité

III-3-2- Principe de la méthode [14]

La méthode utilise la courbe d'évaluation niveau-débit-stockage du réservoir. En supposant que la surface du réservoir reste horizontale, le stockage temporaire V et le débit sortant Q_s sont tous les deux directement liés de manière unique à la hauteur d'eau au-dessus de la crête du déversoir

L'équation de continuité de base, qui assimile la différence entre le débit entrant Q_e et le débit sortant Q_s vers un réservoir au taux de changement de stockage dans le réservoir dV/dt :

$$Q_e - Q_s = dV/dt \quad \text{(III-5)}$$

Dans cette méthode, le débit sortant des réservoirs non régulés peut être exprimé en termes de hauteur d'eau h mesurée par rapport à la crête du déversoir.

$$Q_s = C.h^m \quad \text{(III-6)}$$

Où les coefficients C et m sont des constantes du déversoir. Éq. (III-6) est substitué à l'équation de continuité de base, c'est-à-dire l'équation. (III-5), pour répondre :

$$Q_e - C.h^m = dV/dt \quad \text{(III-7)}$$

Maintenant V est fonction de h , par exemple, pour un réservoir de surface constante A , cette équation. (III - 7) peut s'écrire :

$$Q_e - C.h^m = A.dh/dt \quad \text{(III - 8)}$$

En supposant que je puisse être exprimé en fonction du temps t alors l'équation. (III - 8) est fonction de t et h , soit :

$$dh/dt = f(t,h) \quad \text{(III-9)}$$

En commençant par les conditions initiales (t_0, h_0) soit :

$$t_1 = t_0 + \Delta t$$

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

etc.

Où Δt est l'intervalle de temps choisi. Les valeurs h correspondantes h_1, h_2 etc., peuvent être calculées en utilisant la technique classique de Runge-Kutta du quatrième ordre donnée par ⁽⁴⁾:

$$h_{i+1} = h_i + \frac{\Delta t}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad \text{(III-10)}$$

Où k_i est la valeur du côté droit de l'équation. (III-9) calculé à $t = t_i$ et $h = h_i$

C'est

$$k_1 = f(t_i, h_i)$$

De même

$$k_2 = f\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}, h_i + \frac{\Delta t}{2} k_1\right)$$

$$k_3 = f\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}, h_i + \frac{\Delta t}{2} k_2\right)$$

$$k_4 = f(t_i + \Delta t, h_i + \Delta t k_3)$$

Où k_1, k_2, k_3 et k_4 sont les coefficients de Runge-Kutta. [14]

À condition donc que la tête h soit connue à $t = 0$, c'est-à-dire $= 0$, Eq. (III-10) peut être calculé pour chaque addition de Δt de temps t et les valeurs correspondantes de décharge Q trouvées à partir de l'équation. (III-6) pour donner l'hydrogramme de sortie.

$$Q_e = A \times t^\alpha \exp(k \times t) \quad \text{(III-11)}$$

Q_e : Débit entrant en m^3/s

A : 7.56×10^{-29}

Alpha (α) : 10,8033

k : -0.00694308

tel que : A , Alpha (α) et k sont des paramètres de l'hydrogramme.

$$Q_s = m \times B \times \sqrt{2g} \times h^{\frac{3}{2}} \quad \text{(III-12)}$$

Q_s : Débit sortant en m^3/s

m : Coefficient de débit (0.48 pour le déversoir de Creager).

B : Largeur du déversoir.

g : Force gravitationnelle.

h : Hauteur d'eau sur le déversoir.

Les résultats pour différentes largeurs de l'évacuateur sont regroupés dans les tableaux insérés en **annexe III**.

La courbe de laminage, la hauteur de la lame d'eau déversée ainsi que la débitance de l'évacuateur, pour chaque largeur de B , sont représentées dans les figures ci-après :

Pour $B = 3m$

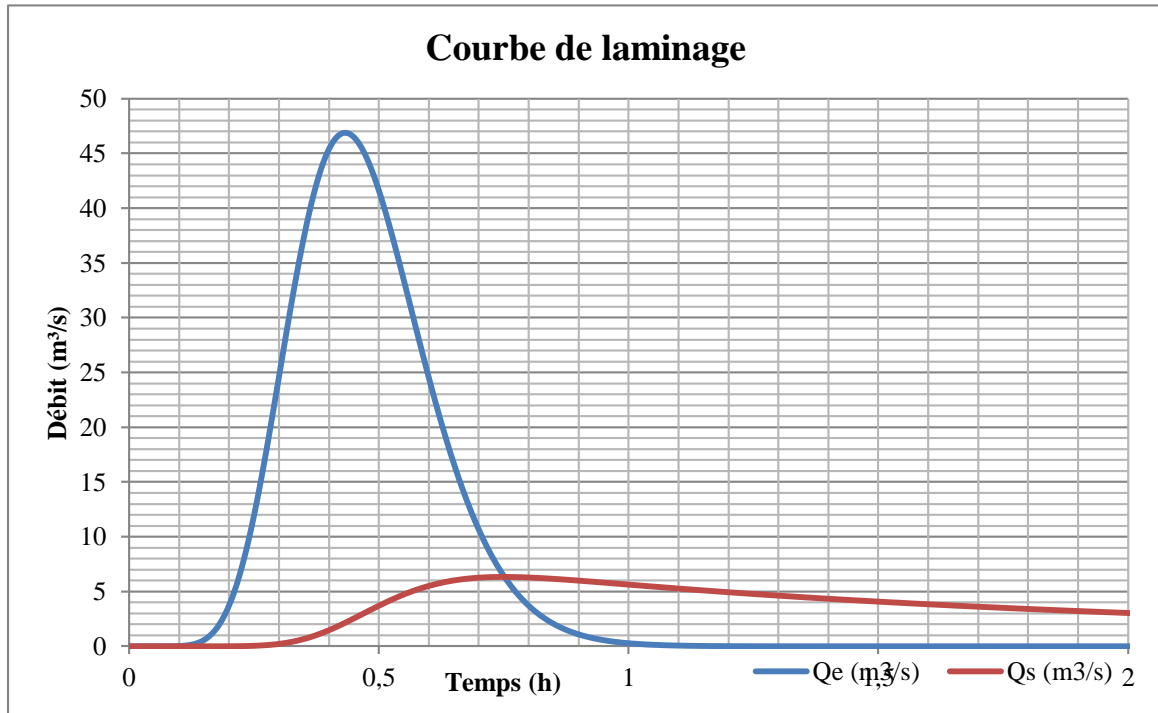


Figure III - 2 : Courbe de laminage pour $B = 3m$

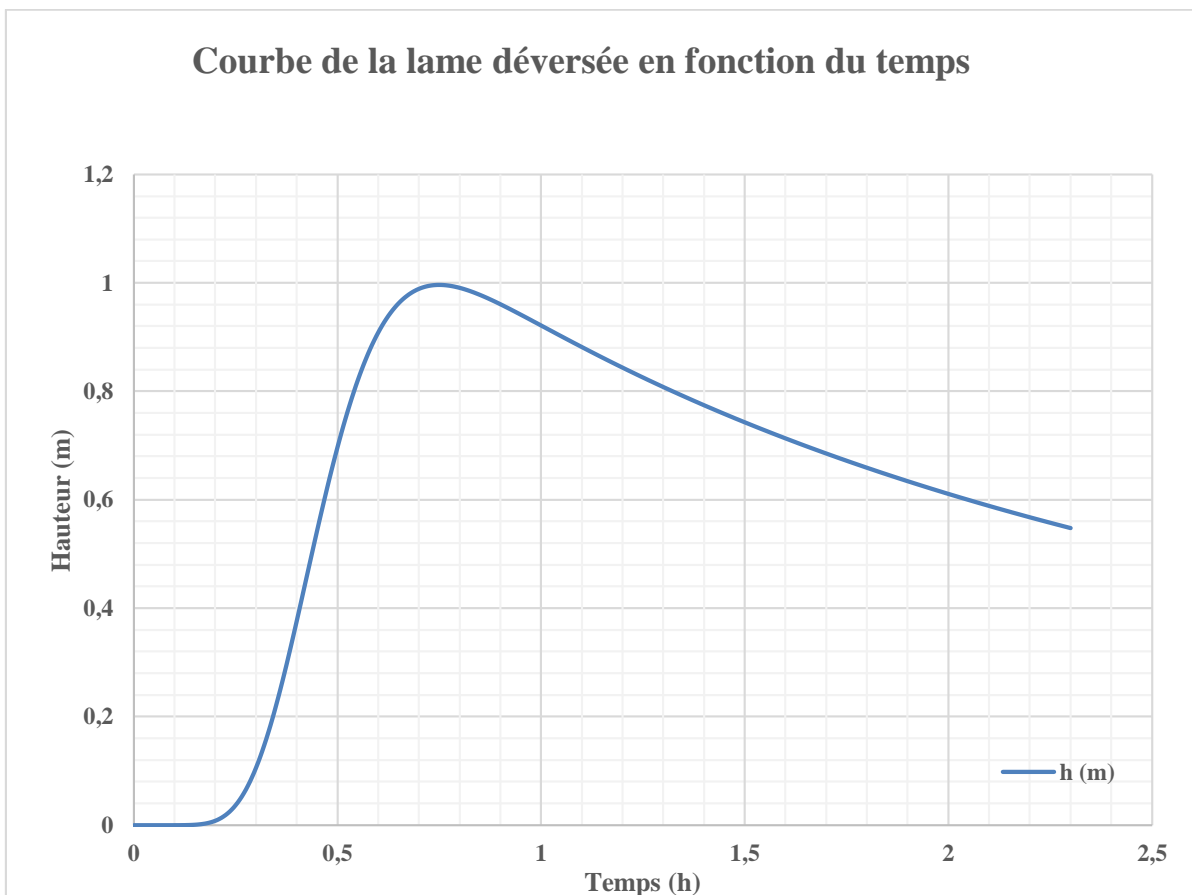


Figure III - 3 : Courbe de la lame déversée en fonction du temps pour $B = 3m$

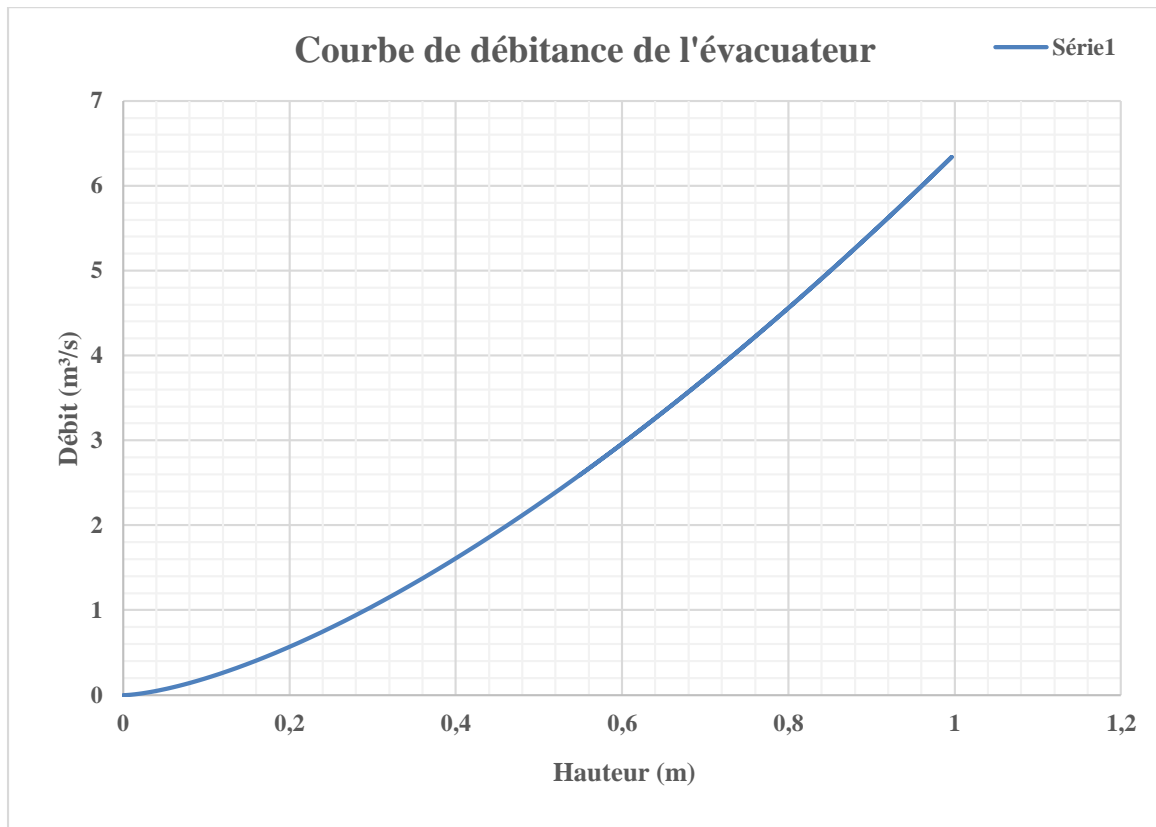


Figure III - 4 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour B = 3m

▪ Pour B = 5m

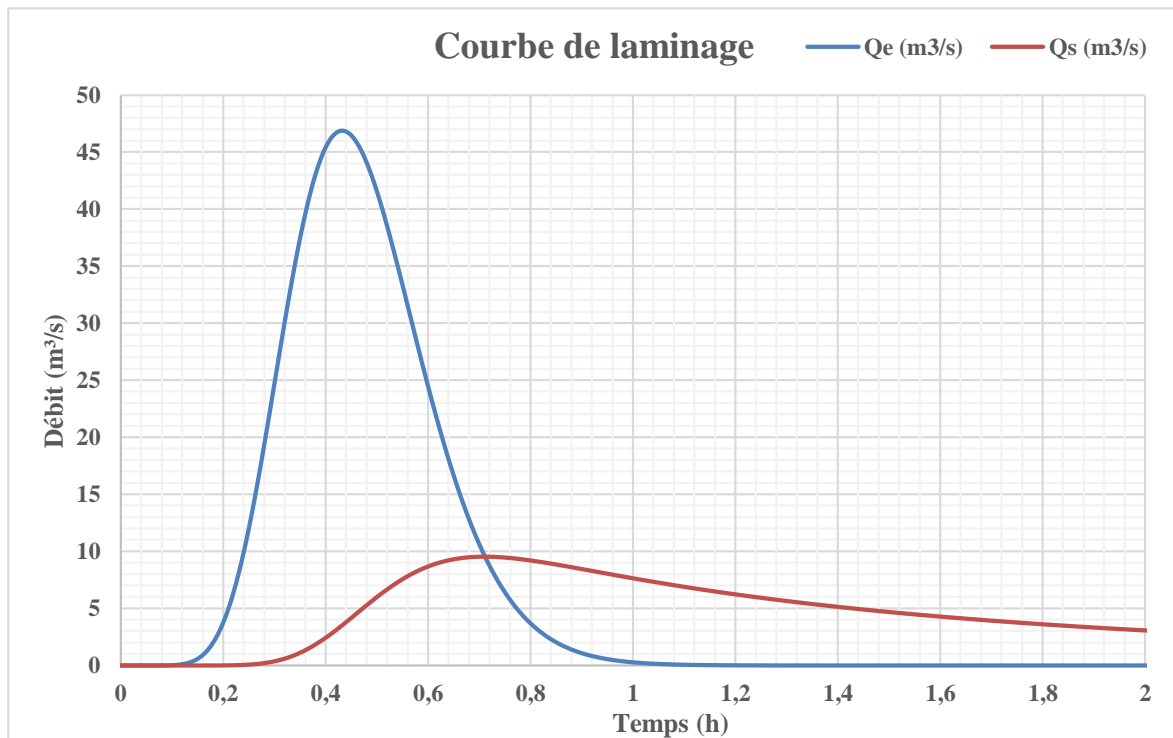


Figure III - 5 : Courbe de laminage pour B = 5m

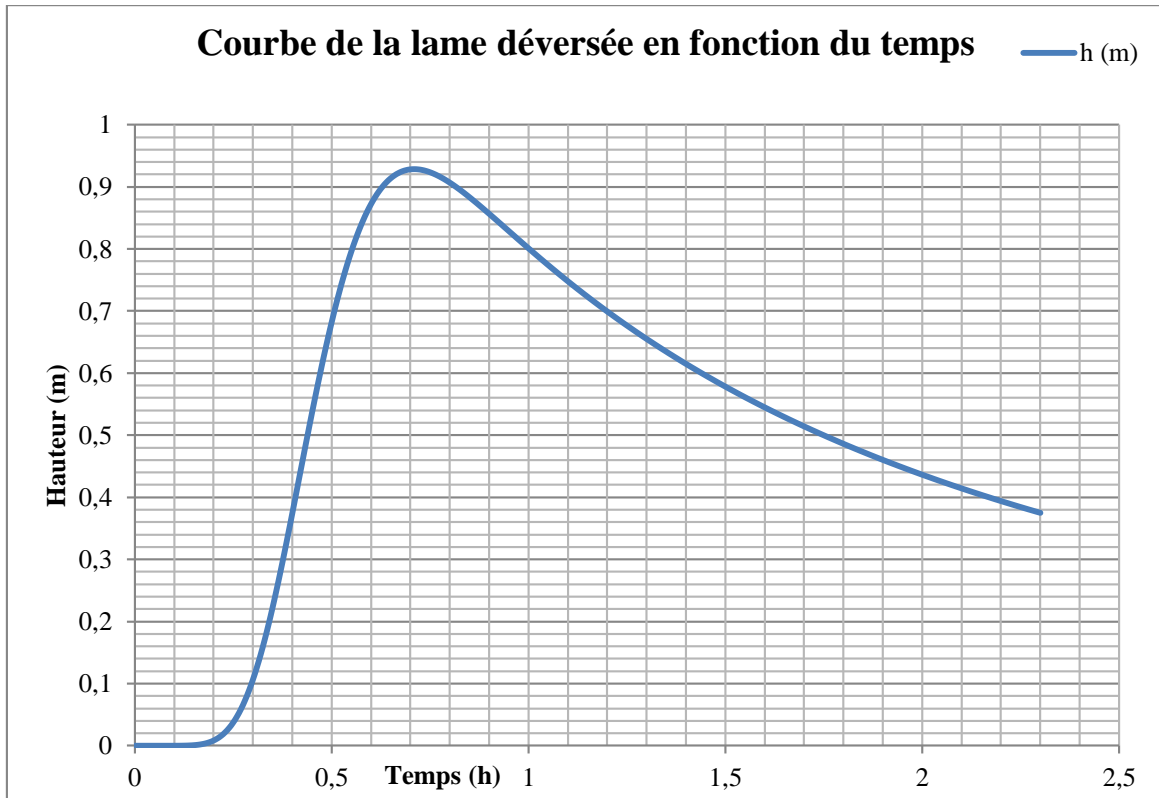


Figure III - 6 : Courbe de la lame déversée en fonction de temps pour $B = 5m$

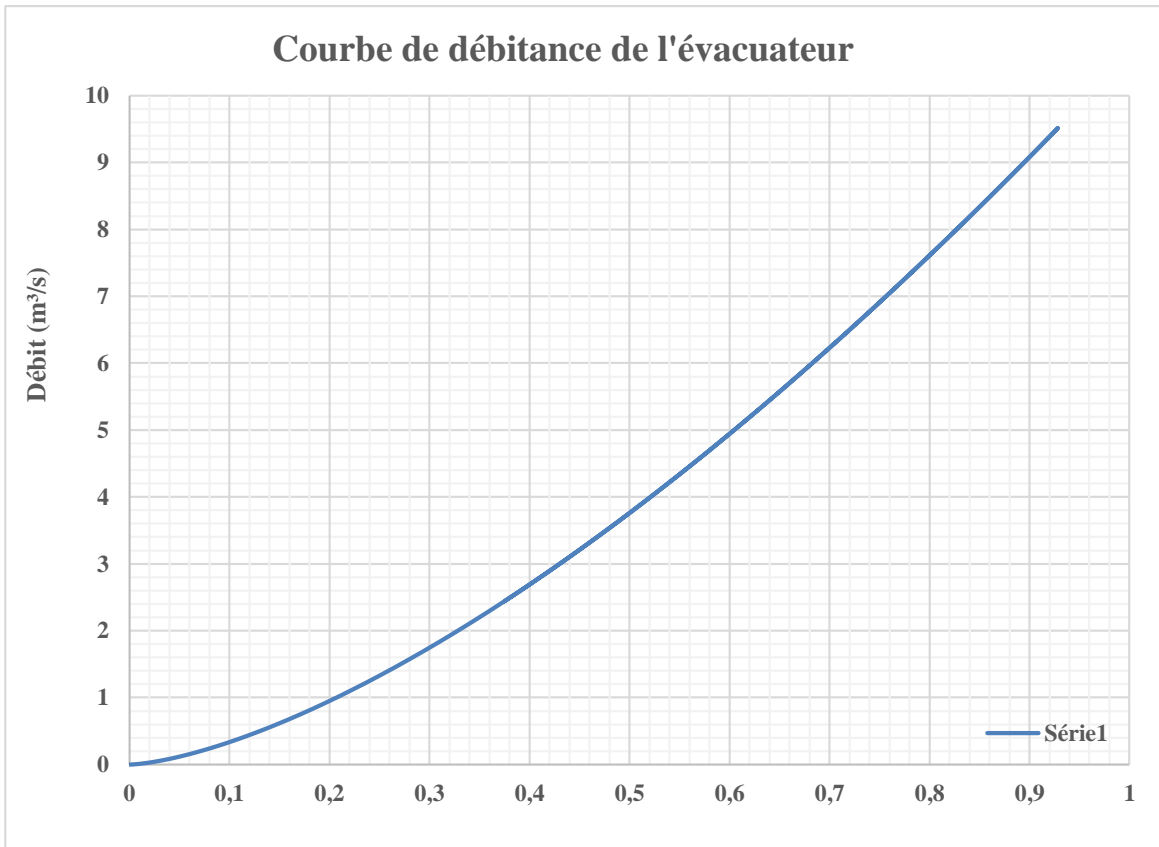


Figure III - 7 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour $B = 5m$

- Pour $B = 10m$

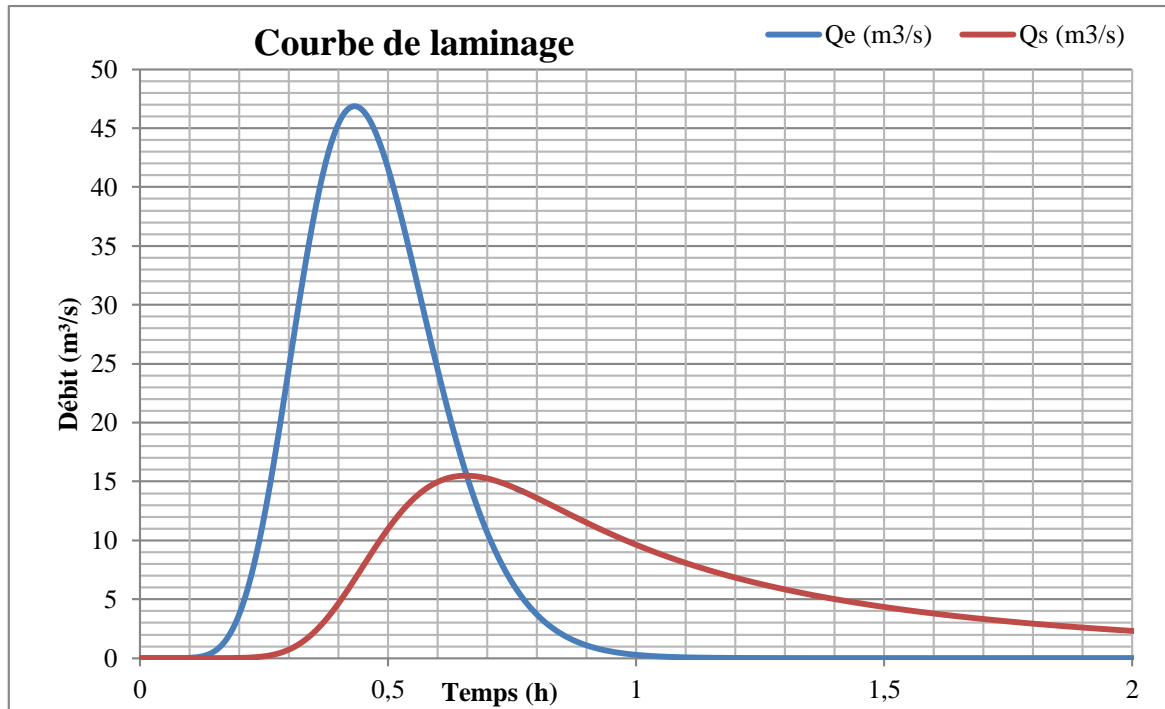


Figure III - 8 : Courbe de laminage pour $B = 10m$

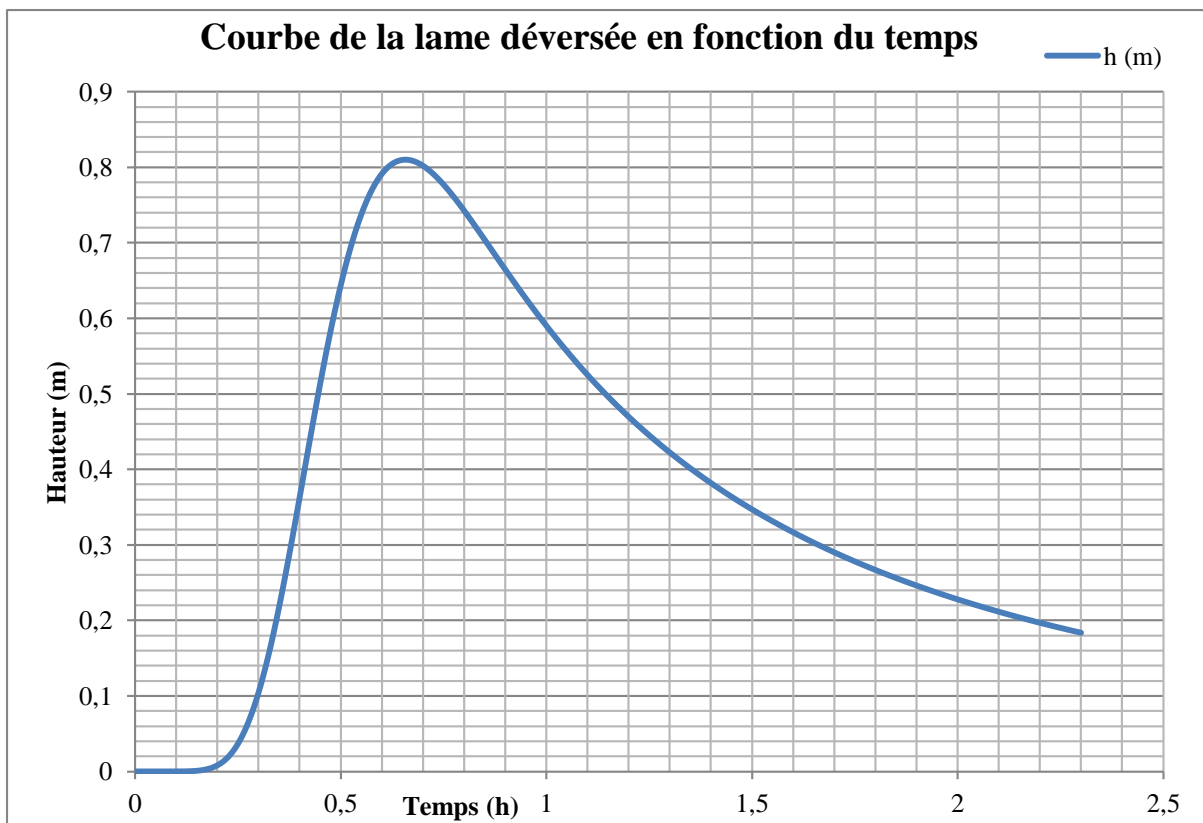


Figure III - 9 : Courbe de la lame déversée en fonction de temps pour $B = 10m$

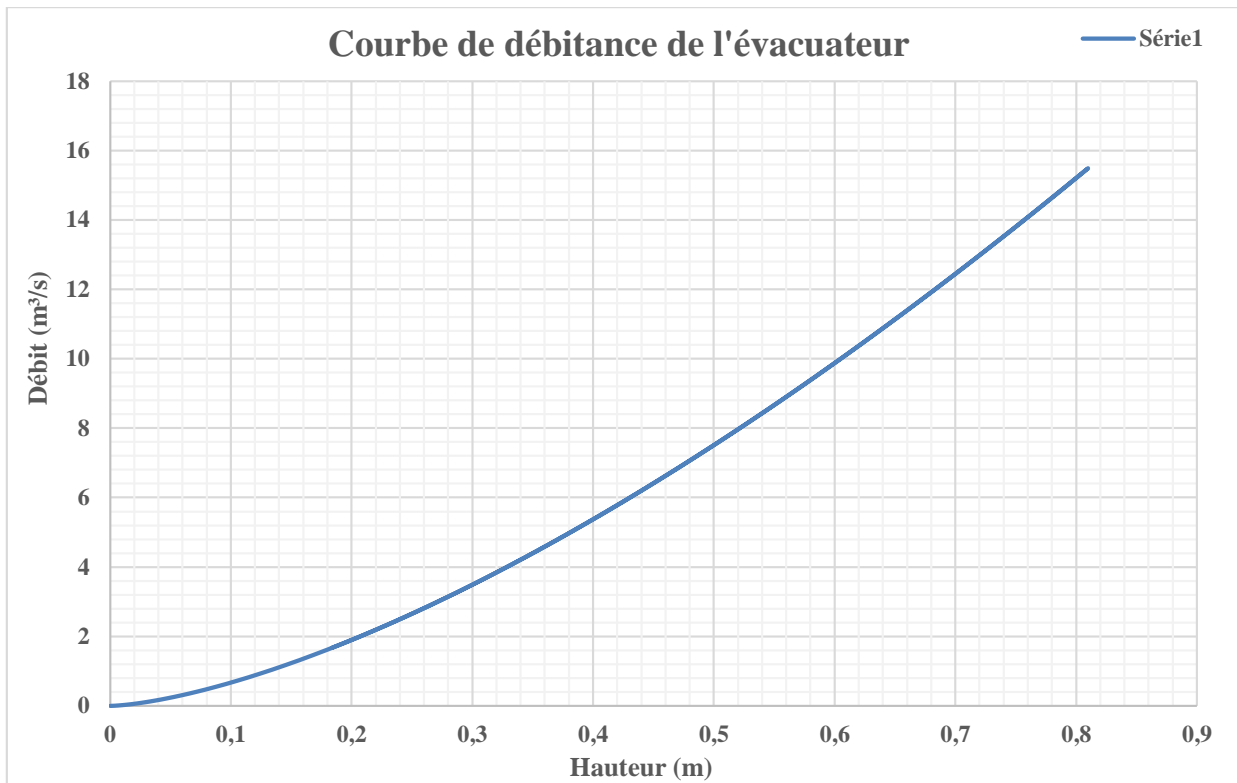


Figure III - 10 : Courbe de débitance de l'évacuateur pour $B = m10$

Les résultats obtenus précédemment sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III - 2 : Tableau récapitulatif

Largeur (m)	H (m)	Qdev (m³/s)
3	0,996096823	6,341095965
5	0,928462273	9,510582895
10	0,80977904	15,49317892

Pour des raisons économiques nous avons opté pour la réalisation d'un déversoir d'une largeur de 5 m et une capacité d'évacuation d'un débit de $9,511 \text{ m}^3/\text{s}$.

III-4- Conclusion

A la fin de ce chapitre, nous avons aboutis à une retenue dont les caractéristiques sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau III - 3 : caractéristique de la retenue

Désignation	Unité	Valeurs
Cote VM	m	1223
Cote NNR	m	1235
Cote PHE	m	1236
Cote du fond	m	1216.50
Volume mort	m³	21497,23
Volume normal	m³	278 356,32
Volume utile	m³	256 859,09

Chapitre IV :

Dimensionnement de la Retenue

IV-1- Introduction

Les barrages en terre généralement sont conçus de matériaux meubles comme l'argile fine à des éléments très grossiers (enrochements). Ils sont classés par plusieurs catégories en fonction de la méthode employée pour assurer l'étanchéité. Ce type d'ouvrage très ancien est le plus utilisé, il représente près de 70% du parc mondial des barrages. En Algérie plusieurs barrages sont construits en matériaux meubles, c'est le cas des barrages Hammam Boughrara , Sidi abdelli , Ghrib.....

IV-1-1- Classification des barrages en matériaux locaux

Les barrages en matériaux locaux sont classés comme suite :

Les barrages en terre homogène :

Constitués d'un seul matériau qui garantit l'imperméabilité et la stabilité, accompagné de dispositifs de drainage contre la filtration. Le remblai est constitué de matériaux du type argile, argile sablonneuse, limons, sable limoneux, etc.

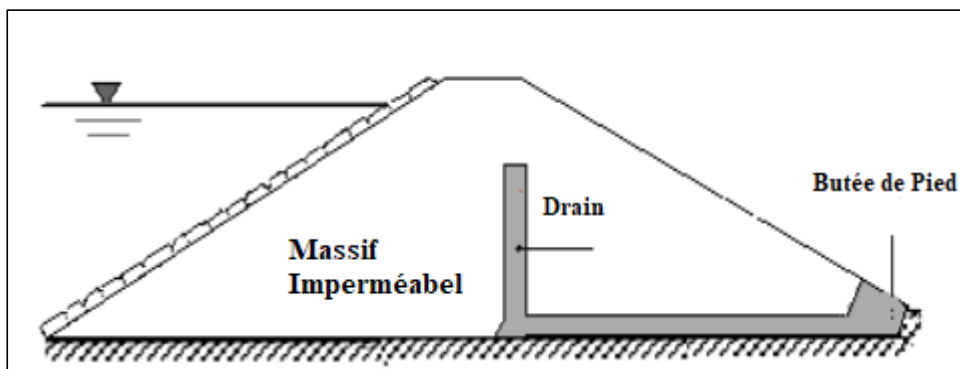


Figure IV - 1 : Barrage en terre homogène avec Drain

Les barrages en terre hétérogène ou zoné :

Composé d'un noyau central, qui assure le rôle d'étanchéité. Il est placé au centre du remblai, le noyau (vertical ou incliné) est constitué de matériaux argileux imperméables, avec une épaisseur variable généralement plus large à la base à cause des fortes pressions interstitielles. La fonction de stabilité est soutenue par les recharges. Ces massifs plus perméables que le noyau sont réalisés en enrochements, ou en terre plus grossière. Pour la protection contre le phénomène d'érosion interne, le noyau est entouré de couches filtrantes. Une granulométrie spécialement étudiée est utilisée entre la taille très petite des grains d'argile et les grains bien plus grossiers des recharges. Plusieurs couches de filtres successifs sont généralement nécessaires.

L'épaisseur du noyau dépend :

- D'une largeur minimale en crête pour le passage des engins
- De la disponibilité des terres imperméables
- Du gradient hydraulique en contact avec la fondation.

La solution du noyau central mince est choisie lorsque la roche de fondation est peu déformable, imperméable et résistante à l'érosion interne. Ces noyaux minces sont peu pénalisants pour la stabilité des talus. Dans le cas d'une digue à noyau incliné, le noyau est déplacé vers l'amont, ce qui présente certains avantages comme :

- La possibilité de construire le corps d'appui séparément du noyau (en période de forte pluviométrie) ;
- Le noyau est comprimé par la poussée de l'eau ;
- La surélévation du barrage est plus facile à réaliser.

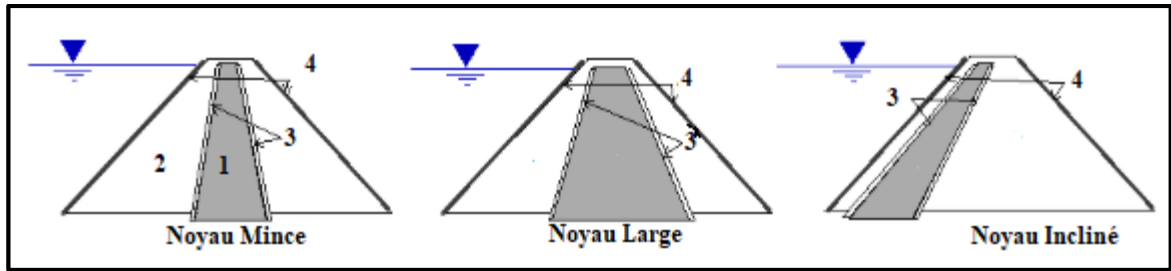


Figure IV - 2 : Barrage en terre homogène avec Drain

IV-1-2- Description des ouvrages utilisés pour la réalisation d'un barrage en terre [15]

Les principaux ouvrages utilisés dans la conception et la construction d'un barrage en terre sont :

- ✚ **La crête** : après l'achèvement des travaux du barrage, la crête facilite la circulation, son niveau définit la hauteur maximale qu'atteint le barrage.
- ✚ **Clé d'encrage** : elle sert à couper ou diminuer le flux d'eau à travers la fondation et d'allonger le chemin de filtration.
- ✚ **Ecran d'injection** : il est construit en injectant un mélange de ciment et eau afin de remplir les pores et les fentes. Il remplace la clé d'encrage dans les fondations rocheuses perméables ou les fondations perméables d'une épaisseur importante.
- ✚ **Bermes** : elles permettent la réalisation et la réparation des revêtements de talus. En outre, elles donnent la stabilité aux digues et réduisent la vitesse des eaux qui glissent sur les surfaces des talus avals, en contribuant à éviter l'érosion. Ils servent aussi d'appuis aux revêtements des talus en amont.
- ✚ **Revêtements** : ils protègent les talus contre l'action des vagues (en amont) et la pluie (en aval)
- ✚ **Filtres de drains** : il s'agit de dispositifs qui contrôlent et évacuent les eaux infiltrées à l'intérieur du barrage.
- ✚ **Noyau et écran** : ils diminuent les débits de filtration dans les barrages mixtes.
- ✚ **Tapis étanche** : il permet de diminuer les débits de filtration.
- ✚ **Recharge** : il est le massif en amont ou en aval qui donne, en général, la stabilité au barrage.
- ✚ **Evacuateur de crue** : permet de déverser l'excès d'eau pluviales.
- ✚ **Déviations de l'oued** : un ensemble d'ouvrages qui permettent la construction des barrages dans les zones des oueds.
- ✚ **Prise d'eau** : structure qui permet l'utilisation des eaux du barrage selon les demandes des constructeurs.

IV-1-3- Facteurs influent sur la conception et la réalisation [15]

Le choix du site de l'ouvrage, doit tenir compte de :

- L'opportunité technico-économique de sa situation et ses alentours, et cela suivant les secteurs d'irrigation ou d'approvisionnement à la population et les possibles difficultés du transfert de l'eau depuis l'emplacement choisi jusqu'au point de distribution.
- L'emplacement du barrage où la relation entre le volume utile et le secteur occupé par celui-ci doit être au maximum ; sans oublier que le secteur doit être vaste pour satisfaire la régularisation du barrage.
- Aspect économique tel que : affectations de terrains, d'habitation et d'infrastructures par les inondations.

- Possibilité de voies d'accès au lieu, fourniture d'énergie électrique, approvisionnement d'eau potable, entre autres aspects d'intérêt.

IV-2- Calcul de la hauteur de la digue

$$H_b = (NNR - Z_0) + R + C + T \quad (IV - 1)$$

Avec :

NNR : Niveau normal de la retenue égal à 1235 m

Z₀ : Cote du lit de l'oued égale à 1216,50 m

R : Revanche (m)

C : Charge sur le déversoir prise égale à 0.928 m

T : Tassement dû au poids de la digue à la fin de la construction qui est égal à environ 1% de la hauteur totale de la digue.

IV-2-1- Calcul de la revanche

Elle est prévue au-dessus du niveau des plus hautes eaux, et consiste en une hauteur de sécurité pour protéger l'ouvrage contre les élévations du niveau d'eau qui pourrait en causer des risques de submersion.

A- Formule de DAVIS

Elle est donnée par la formule suivante :

$$R = 0,75 \times H_v + \frac{v^2}{2 \times g} \quad (IV - 2)$$

Avec :

V : Vitesse des vagues en (m/s) évaluée selon la hauteur des vagues par la formule de Gaillard :

$$V = 1,5 + 2 \times H_v \quad (IV - 3)$$

H_v : Hauteur de la vague en (m) déterminée par les formules suivantes :

A - 1 - Formule de MOLITOR :

$$\text{Si } L > 30 \text{ Km} \quad H_v = 0,032 \times \sqrt{U \times L} \quad (IV - 4)$$

$$\text{Si } L < 30 \text{ Km} \quad H_v = 0,75 + 0,032\sqrt{U \times L} - 0,27 \times \sqrt[4]{L} \quad (IV - 5)$$

Avec :

U : La vitesse du vent prise dans notre cas égale 75 Km/h.

L : La longueur de fetch égale à 0,3457 Km (L < 30 Km)

Donc : **H_v = 0,703 m**

A - 2 - Formule de STEVENSON :

Elle est donnée par la relation suivante :

$$H_v = 0,75 + 0,34\sqrt{L} - 0,26 \times \sqrt[4]{L} \quad (IV - 6)$$

Donc : **H_v = 0,751 m**

A – 3 – Formule de MAILLET et PACQANT :

Elle est donnée comme suite :

$$H_v = 0,5 + 0,33\sqrt{L} \quad (\text{IV} - 7)$$

Donc : $H_v = 0,694 \text{ m}$

On prend une hauteur de H_v égale à **0,751 m**, car elle s'agit du cas le plus défavorable.

Donc : $V = 3,00 \text{ m/s}$

$$R = 1,022 \text{ m}$$

B- Formule simplifiée :

Elle est donnée par la relation suivante :

$$R = 1 + 0,3\sqrt{L} \quad (\text{IV} - 8)$$

Donc : $R = 1,176 \text{ m}$

Parmi les valeurs de R trouvées, on prend la plus grande, qui est de $1,176 \text{ m}$.

Ce qui nous donnera une hauteur totale de la digue :

$$H_b = ((1235 - 1216,50) + 1,176 + 0,928) \times 1,01$$

$$H_b = 20,81 \text{ m}$$

IV-3- Largeur de la crête

La largeur de la crête doit assurer le passage des engins au cours de la finition des travaux et durant l'exploitation ; pour cela elle doit être au minimum 4 m , elle doit aussi résister aux poussées hydrodynamique de l'eau lorsque la cuvette est pleine. Elle est exprimée par les formules suivantes :

IV – 3 – 1 – Formule de KNAPPEN

$$b_c = 1,65 \times \sqrt{H_b} \quad (\text{IV} - 9)$$

$$b_c = 7,53 \text{ m}$$

IV – 3 – 2 – Formule de PREECE :

$$b_c = 1,1 \times \sqrt{H_b} + 1 \quad (\text{IV} - 10)$$

$$b_c = 6,02 \text{ m}$$

On prend la valeur de $b_c = 7,53 \text{ m}$

IV-4- Les pentes des talus

Les pentes des talus selon la hauteur et le type du barrage sont données dans le tableau de **M.M. GRICHINE** suivant :

Tableau IV - 1 : Pentas des talus

Hauteur de barrage H	Type de la digue	Les pentes	
3 à 5 m	Homogène	1/2,5	1/2,0
	Zones	1/2,0	1/2,0
5 à 10 m	Homogène à granulométrie étendue	1/2,0	1/2,0
	Homogène à forte pourcentage d'argile	1/2,5	1/2,0
	Zones	1/2,0	1/2,0
10 à 20 m	Homogène à granulométrie étendue	1/2,5	1/2,0
	Homogène à forte pourcentage d'argile	1/3,0	1/2,5
	Zones	1/2,5	1/2,5
Plus de 20 m	Homogène à granulométrie étendue	1/3,0	1/2,5
	Homogène à forte pourcentage d'argile	1/3,5	1/2,5
	Zones	1/3,0	1/3,0

Pour le type de matériaux de construction disponible (TVO, Argile) et une hauteur de la digue de 20,81 m, nous avons pris les valeurs suivantes :

- Talus amont : 1/3,5
- Talus aval : 1/2,5

IV-5- Largeur à la base

Elle est donnée par la relation suivante :

$$B = b_c + H_b \times (m_1 + m_2) \quad (IV - 11)$$

Avec :

B : Largeur de la base en (m)

bc : Largeur de la crête en (m)

Hb : Hauteur du barrage en (m)

m₁, m₂ : Fruit amont et aval respectivement

$$B = 7,53 + (20,81 \times (3,5 + 2,5)) = 132,39\text{m}$$

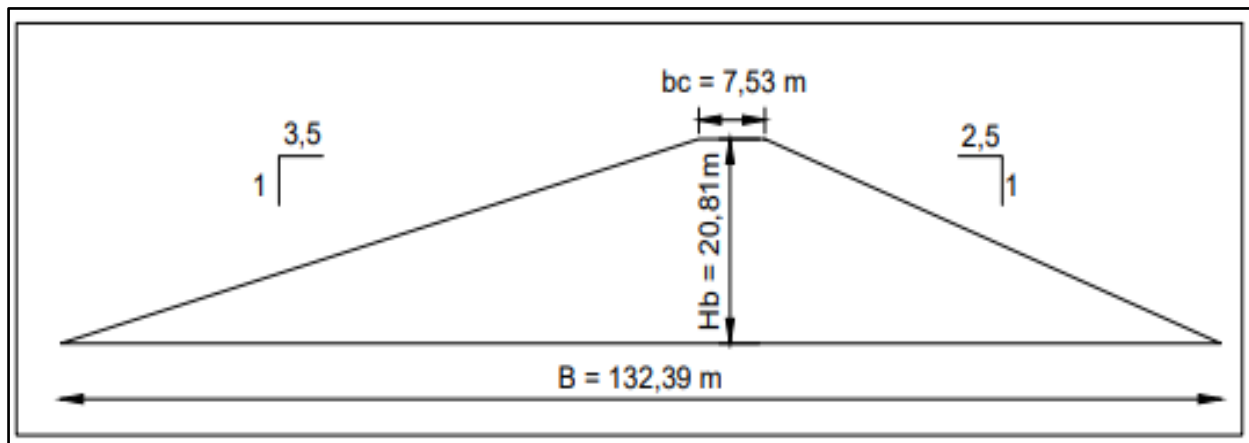


Figure IV - 3 : Dimensionne de la digue

La protection des talus dans les barrages en terre est utilisée pour éviter l'érosion par l'action des vagues d'une part et par les pluies d'une autre part.

Pour les petits barrages, les revêtements les plus utilisés sont : l'enrochement et les couches végétales.

IV-6-1- Talus aval

Le revêtement sert à protéger le parement contre l'érosion due à la pluie. Pour sa protection, on utilise une terre végétale avec épaisseur entre 20 à 30 cm.

IV-6-2- Talus amont

L'emplacement du revêtement s'étend depuis la crête de la digue jusqu'à une profondeur au-dessous du niveau minimal d'exploitation. On utilise un enrochement dont l'épaisseur et les dimensionnes minimales des blocs sont directement tiré du tableau suivant :

Tableau IV - 2 : Epaisseur de l'enrochement en fonction de la hauteur de la vague

Hauteur de la vague (m)	Epaisseur de la couche (m)	D ₅₀ minimal (cm)
0,00 – 0,30	0,30	20
0,03 – 0,60	0,40	25
0,60 – 1,20	0,45	30
1,20 – 1,80	0,55	40
1,80 – 2,50	0,70	45
2,50 – 3,00	0,80	55

Dans notre cas on a :

$$H_v = 0,751 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } e = 0,45 \text{ et } D_{50} \text{ minimal} = 30 \text{ cm}$$

IV-7- Etude des infiltrations

Il y a toujours infiltration, malgré que la perméabilité d'une digue en terre est assez faible. Ces infiltrations se produisent à travers le corps de la digue et ses fondations et elles se considèrent sous deux aspects :

- D'une part, des pertes d'eau réduisant le volume emmagasiné ;
- D'autre part, elles peuvent compromettre la stabilité de l'ouvrage sous l'influence des renards et des sous pressions.

L'étude de ces infiltrations doit permettre de déterminer les éléments suivants :

- La ligne de saturation ;
- Tracé des lignes d'infiltration ;
- Le débit de fuite

A - La ligne de saturation

Elle est la ligne au-dessous de laquelle les interstices formés par les vides des matériaux sont pleins d'eau. Sous l'effet de la charge de la retenue, cette eau s'écoule vers l'aval. Selon **KOZENY** le procédé consiste à dessiner la parabole de base pour tracer en suite la ligne de saturation. L'équation de la parabole de base est donnée par : [16]

:

$$X = \frac{y^2 - y_0}{2 \times y_0} \Rightarrow y^2 = 2y_0X + y_0 \quad (\text{IV} - 12)$$

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad (\text{IV} - 13)$$

$$B = S - 0,3 \times S + d \quad (\text{IV} - 14)$$

$$S = h \times m_1 \quad (\text{IV} - 15)$$

Les différentes valeurs (h , m_1 , B , S , et d) sont représentées dans la figure suivante :

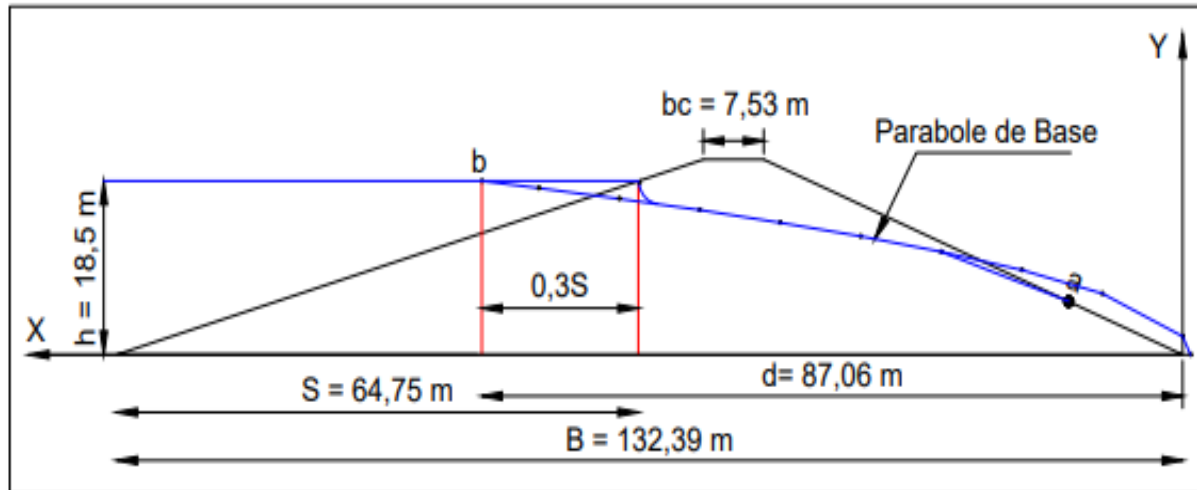


Figure IV - 4 : Représentation des grandeurs géométriques de calcul

La parabole de base le ligne du plan d'eau au point b : ($X = d$, $y = h$).

D'après les équations précédentes on retrouve :

$$y = \sqrt{3,89 \cdot X + 3,78}$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IV - 3 : Coordonnées de la parabole de KOZENY

x	-0,972	0	10	20	30	40	50	60	70	80	87,06
y	0	1,944	6,531	9,030	10,973	12,621	14,077	15,396	16,611	17,742	18,500

Après avoir dessiné la parabole de base, on détermine le point de résurgence défini par l'intersection de la ligne de saturation avec le parement aval, noté a .

Pour un angle α du parement aval inférieur à 30° (dans notre cas $\alpha = 21,8^\circ$), la formule suivante est souvent employée :

$$a = \sqrt{h^2 + d^2} - \sqrt{d^2 - h^2 \times \cot^2 \alpha} \quad (\text{IV} - 16)$$

$$a = 15,25 \text{ m}$$

Dans notre étude, pour tracer les lignes de courant, on utilisera la méthode graphique de **PRASIL** [18], la plus facile avec des résultats satisfaisant. Le tracé est donné sur la figure. La ligne de saturation réelle part du parement amont (à la cote du plan d'eau) auquel elle est perpendiculaire

et rejoint rapidement la parabole de base. A l'aval, la ligne de saturation recoupe le talus de pente α au point **a**.

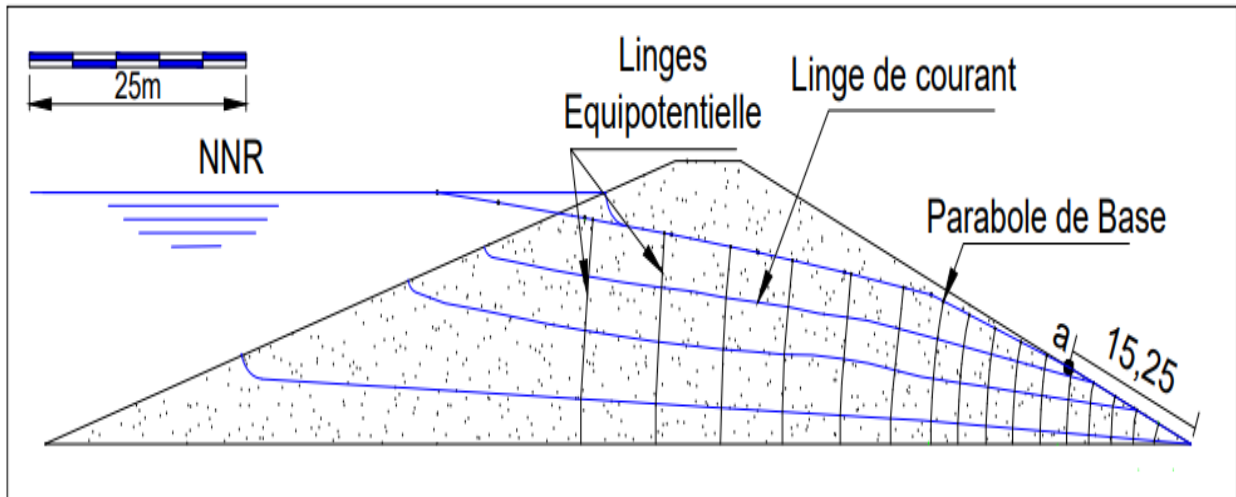


Figure IV - 5 : Les lignes de courant

B - Calcul du débit de fuite

Lorsque les lignes de courant sont tracées, on passe au calcul du débit de fuite (débit d'infiltration), soit la formule suivante :

$$q = K \cdot a \cdot \sin^2 \alpha \quad (\text{IV} - 17)$$

Avec :

q : Débit de fuite unitaire en m²/s.

K : Perméabilité du matériau égale à 10⁻⁹ m/s.

α : L'angle que fait le parement aval avec l'horizontale égale à 21,8°

$$q = 2,103 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$q = 0,066 \text{ m}^2/\text{an}$$

$$Q = q \times L \quad (\text{IV} - 18)$$

Q : Le débit de fuite total

L : Longueur de la digue qui est égale à **93,18 m**

$$Q = 6,180 \text{ m}^3/\text{an}$$

IV-8- Etude de stabilité

La stabilité de la digue d'un barrage réside dans la stabilité aux glissements de ses talus (amont et aval) pour toute sollicitation pouvant survenir. Il est évident qu'un barrage mal dimensionné est instable et porte d'une part préjudice à la sécurité des populations, aux exploitations agricoles et aménagements situés à l'aval et d'autre part entraînera sûrement des travaux d'entretien et de reconstruction dont le coût pourrait influencer d'une manière négative sur l'économies locales.

Pour cela L'étude de stabilité d'un barrage est fondamentale dans la mesure où elle doit aboutir pour l'essentiel à la définition de la géométrie de l'ouvrage dont les pentes des talus et des principes de drainage à appliquer. Il existe plusieurs méthodes de calcul suivant la nature des hypothèses faites sur les interactions entre tranches et sur la pression interstitielle. La méthode de **FELLENIOUS** est la plus couramment utilisée. [17]

A - Principe de la méthode

Le principe de la méthode repose sur le fait qu'on admet que la surface de rupture des talus se fait suivant une surface cylindrique circulaire à axe horizontal, et qu'elle se produit instantanément et simultanément le long de toute la surface.

Dans cette méthode, la masse réputée instable par rapport à la surface de glissement envisagée est fictivement découpée en (n) tranches verticales juxtaposées de faible épaisseur, chaque tranche (i) est soumise aux forces suivantes :

Son poids propre W_i (sol et eau) ;

Les forces de réaction du sol de composante T_i (**tangentielle**) et N_i (**normale**) ;

Les efforts inter-tranches F_{i-1} et F_i s'appliquant sur les faces latérales.

Soit l_i la portion de cercle de glissement interceptée par la tranche d'ordre "i" que nous considérons.

Pour la résolution analytique des équations d'équilibre on suppose que les efforts inter-tranches qui s'appliquent sur les faces latérales s'équilibrent c'est à dire $F_i = F_{i+1}$.

Ces efforts sont considérés comme des forces internes par rapport au massif susceptible de glisser.

La verticale menée du centre "O" du cercle de glissement passera au milieu de la première tranche.

Pour le talus aval, les tranches se trouvant à droite dans le sens du glissement sont numérotées négativement, celles de gauche positivement contrairement au talus amont.

La largeur de la tranche " b_i " est généralement prise égale à $0,1R$, avec R le rayon du cercle de glissement. L'effort normal résultant de l'action de la tranche sur la portion l_i se ramène à la composante normale de son poids W_i à laquelle se soustrait l'action (éventuelle) de la pression interstitielle. La loi de COULOMB stipule dans ces conditions, qu'à la rupture la force de résistance au cisaillement s'exprime pour la tranche i sous la forme : [17]

$$T_{i,mobilisable} = C_i \times l_i + (W_i \times \cos(\alpha_i) - U_i \times l_i) \times \tan(\varphi_i) \quad (\text{IV} - 20)$$

Où :

C_i : Cohésion du sol à la surface de rupture ;

φ_i : Angle de frottement interne du même sol;

U_i : Pression interstitielle régnant à la base de la tranche ;

Le terme $C_i \cdot l_i$ représente la part due à la cohésion

Le terme $(W_i \cdot \cos(\alpha_i) - U_i \cdot l_i) \cdot \tan(\varphi_i)$ représente celle due au frottement

Le terme $W_i \cdot \cos(\alpha_i)$ représente composante verticale.

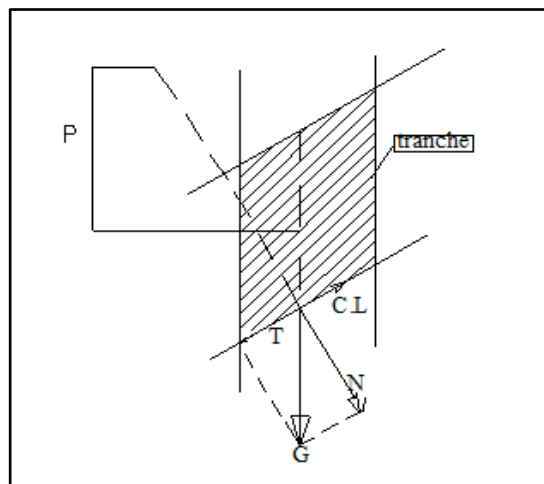


Figure IV - 6 : Les forces agissant sur une tranche.

Compte tenu de la forme circulaire de la ligne de glissement, on écrit l'équilibre limite global en terme de moments résultants par rapport au centre "O" du cercle de rupture de rayon R.

$$\sum M_{résistant}^t = K_s \times \sum M_{Moteur}^t \quad (\text{IV} - 21)$$

K_s : Coefficient de sécurité pour le cercle considéré, coefficient qui permet d'apprécier la marge de sécurité existant entre le moment résistant et le moment moteur c'est-à-dire entre l'équilibre limite et l'équilibre actuel.

Or :

$$\sum M_{moteur}^t = \sum_{i=1}^n R \times W_i \times \sin(\alpha_i) = R \times \sum_{i=1}^n W_i \times \sin(\alpha_i) \quad (\text{IV} - 22)$$

Avec l'équation (IV-20) on obtient :

$$\sum M_{résistant}^t = \sum_{i=1}^n R \times [C_i \times l_i + (W_i \times \cos(\alpha_i) - U_i \times l_i) \times \tan(\varphi_i)] \quad (\text{IV} - 23)$$

On en déduit la valeur de K_s pour le cercle :

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^n R \times [C_i \times l_i + (W_i \times \cos(\alpha_i) - U_i \times l_i) \times \tan(\varphi_i)]}{R \times \sum_{i=1}^n W_i \times \sin(\alpha_i)} \quad (\text{IV} - 24)$$

$W_i \times \sin(\alpha_i)$: Composante horizontale

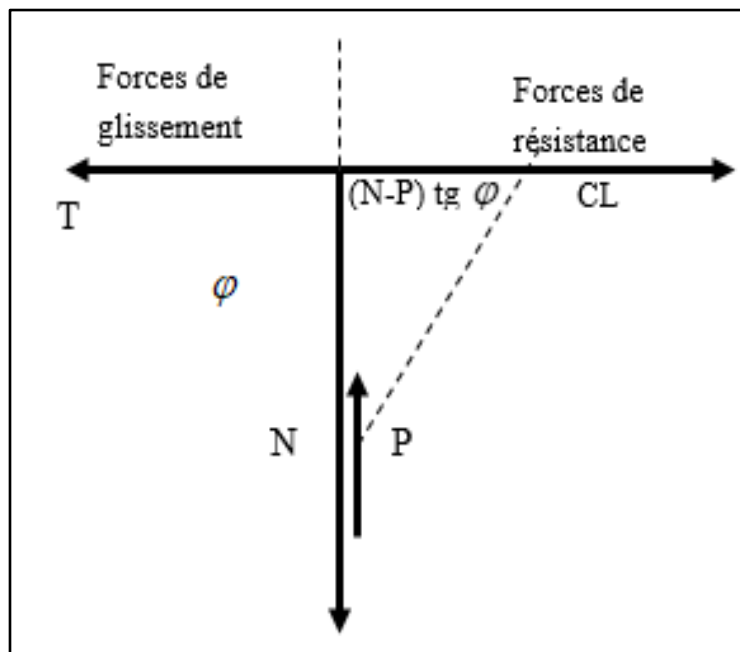


Figure IV - 7 : Schéma de calcul de stabilité.

B - Détermination du cercle de glissement

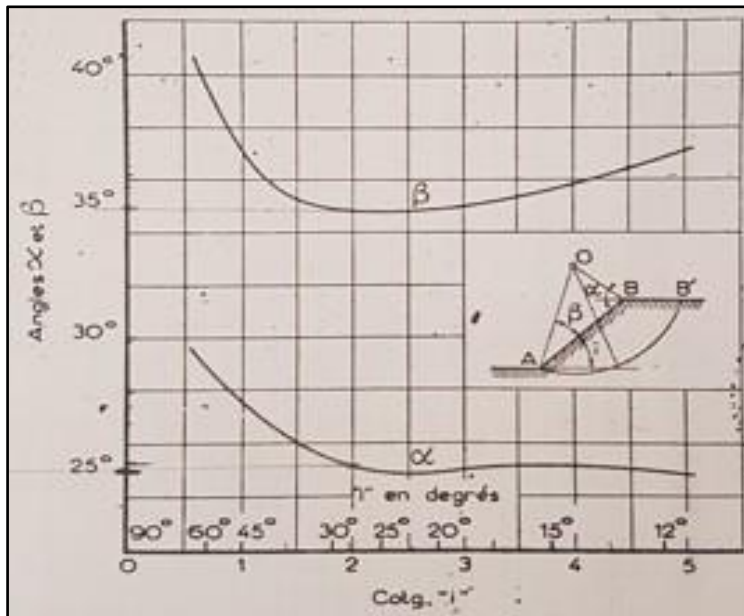


Figure IV - 8 : Graphique de FELLENIUS

A partir du graphique de la figure « 31 » ci-dessus, donnant en fonction de l'angle d'inclinaison du talus amont la valeur des angles α , β qui permettent de localiser rapidement la zone où se trouve le centre du cercle de glissement le plus défavorable [17] le point obtenu ainsi est en principe le plus dangereux parmi tous les centres de cercle de glissement possibles passant par le pied du talus.

Nous déterminerons les coordonnées du cercle de glissement théoriquement critique donné par FELLINIUS lui-même rien qu'on se basant sur l'angle du talus, qui permet d'obtenir les angles α et β permettant de trouver le foyer du cercle.

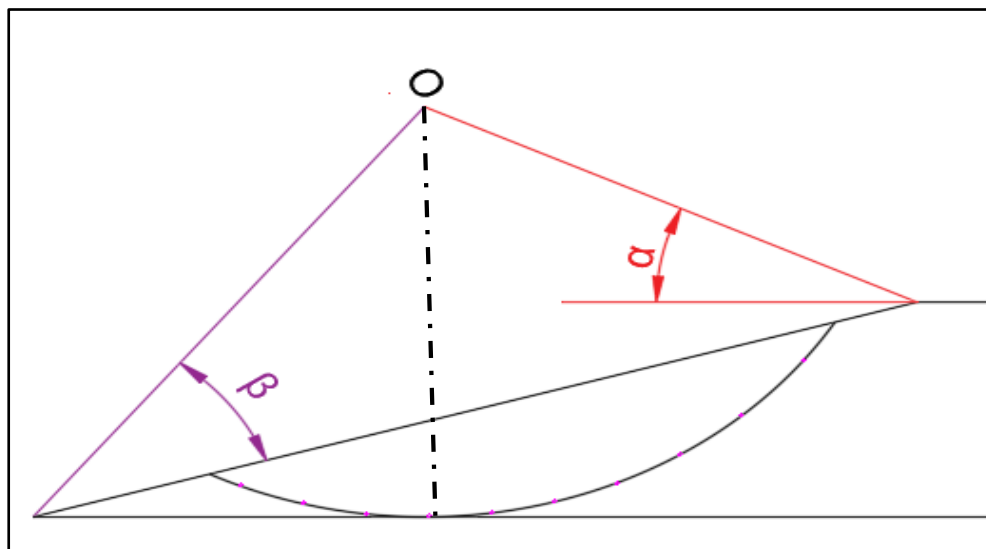


Figure IV - 9 : Foyer critique par la méthode de FELLINIUS.

Les données géotechniques du sol sont :

Poids volumique du sol $\gamma = 19.2 \text{ KN/m}^3$;

Angle de frottement interne du sol $\varphi = 30^\circ$

Coefficient de cohésion $C=30 \text{ KN/m}^2$;
 $m_1 = 3,5$
 $m_2 = 2,5$
 $\alpha = 25^\circ$ et $\beta = 35^\circ$ (tirées de la figure 32)

On procède à la représentation graphique des cercles de glissement et des tranches puis on détermine les forces agissantes sur chaque tranche et enfin on calcul les coefficients de sécurité suivant les cas :

B – 1 – Talus amont (cas de vidange rapide)

Après avoir déterminé le foyer du cercle de glissement critique, Les données géométriques obtenues par le tracé du cercle de glissement sont :

Nombre de tranche : **10**

Rayon du cercle **R=39,74 m** ;

Angle formé par le cercle **$\alpha=84,77^\circ$**

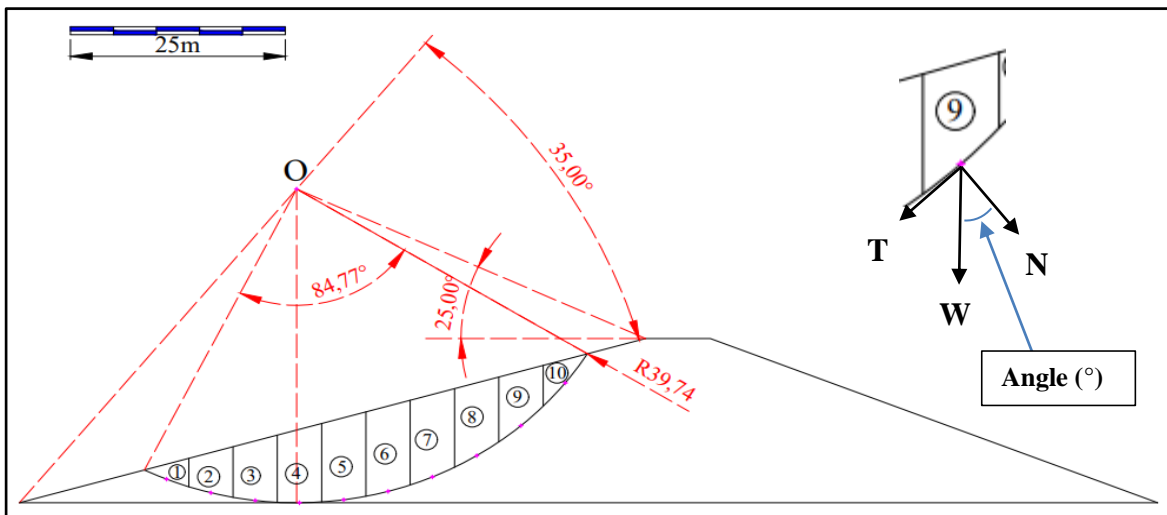


Figure IV - 10 : Cercle de glissement du talus amont (cas de vidange rapide)

Les données de chaque tranche sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV - 4 : données relatives aux tranches.

Tranche	Aire (m ²)	Angle (°)	Ui (m)
1	9,63	-22,36	1,9
2	26,09	-14,53	5,09
3	38,72	-6,96	7,54
4	47,81	0,48	9,31
5	53,43	7,94	10,4
6	55,49	15,53	10,8
7	53,66	23,41	10,45
8	47,32	31,8	9,23
9	35,21	41,04	6,9
10	14,6	51,84	2,95

Calcul du coefficient de sécurité

Pour le calcul du coefficient de sécurité du talus, nous utilisons un programme informatique sous Fortran, qui est une codification de la méthode de FELLINIUS. Ce programme est été élaboré par Monsieur AMARA Lyes. [19]

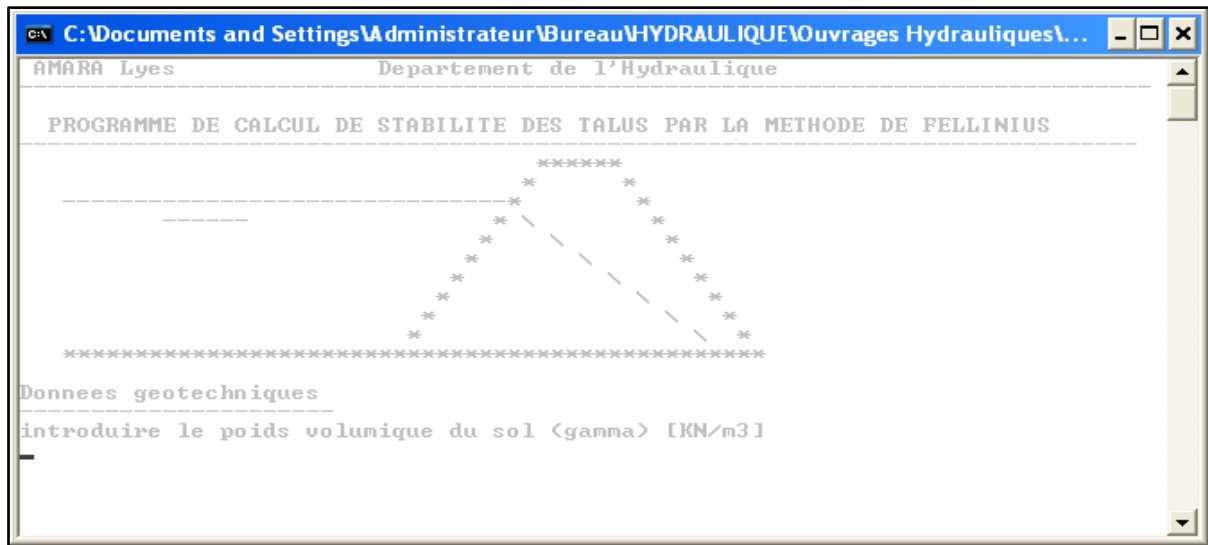


Figure IV - 11 : Copie écran du programme élaboré.

Après insertion des données géotechniques et géométriques, le programme effectue les calculs pour chaque tranche suivant la méthode décrite précédemment pour déterminer enfin le coefficient de sécurité du talus.

Les résultats ainsi obtenus sont :

Rmsultats des calculs						
trc	W (KN)	alpha	N (KN)	hi (m)	F (N)	T (N)
, 1	184.896	-22.360	170.994	1.900	-38.797	-70.339
, 2	500.928	-14.530	484.907	5.090	-126.587	-125.676
, 3	743.424	-6.960	737.946	7.540	-204.488	-90.085
, 4	917.952	.480	917.920	9.310	258.391	7.690
, 5	1025.856	7.940	1016.022	10.400	280.309	141.707
, 6	1065.408	15.530	1026.511	10.800	265.697	285.254
, 7	1030.272	23.410	945.466	10.450	213.711	409.334
, 8	908.544	31.800	772.166	9.230	129.033	478.761
, 9	676.032	41.040	509.899	6.900	27.552	443.872
, 10	280.320	51.840	173.199	2.950	-39.269	220.412
Le coefficient de securite est de			1.487089			

Figure IV - 12 : Résultat des calculs de Ks pour talus amont

On remarque que $K_s = 1,49 > 1$, donc le talus amont de la retenue est stable.

La vidange rapide par laquelle a été vérifiée la stabilité du talus amont, est le cas le plus défavorable. Pour ce dernier, l'abaissement rapide du plan d'eau entraîne un écoulement en régime

transitoire dans la digue. L'état critique se situant juste après vidange, les pressions hydrostatiques internes ne s'étant pas dissipées, dans ce cas les moments stabilisants seront dus au poids saturé.

B – 2 – Talus aval (fonctionnement normal, retenue pleine)

Après avoir déterminé le foyer du cercle de glissement critique, Les données géométriques obtenues par le tracé du cercle de glissement sont :

Nombre de tranche : **10**

Rayon du cercle **R = 34,54 m** ;

Angle formé par le cercle **$\alpha = 89,92^\circ$**

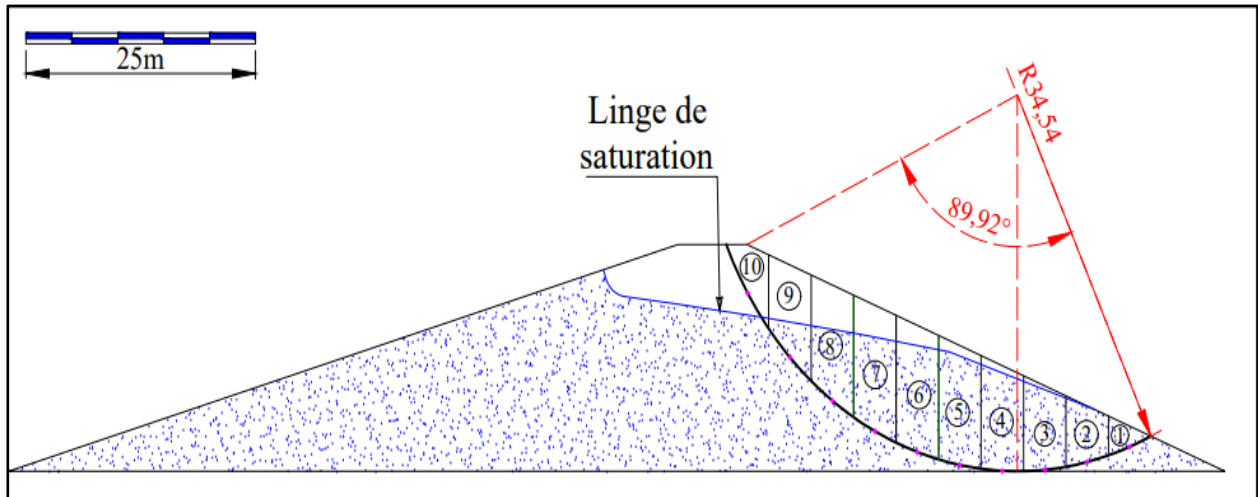


Figure IV - 13 : Cercle de glissement du talus aval (Retenue pleine)

Les données de chaque tranche sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV - 5 : Données relatives aux tranches.

Tranche	Aire (m ²)	Angle (°)	Pi (m)
1	8,64	-20,76	1,9
2	23,64	-12,74	5,09
3	35,54	-4,97	7,36
4	44,52	2,71	9
5	50,6	10,46	10,02
6	53,65	18,36	9,78
7	53,31	26,68	8,63
8	48,88	35,65	6,54
9	38,89	45,79	3,24
10	18,52	58,29	0

Après insertion des données géotechniques et géométriques, le programme effectue les calculs pour chaque tranche suivant la méthode décrite précédemment pour déterminer enfin le coefficient de sécurité du talus.

Les résultats ainsi obtenus sont :

Résultats des calculs						
<u>trc</u>	W (KN)	alpha	N (KN)	<u>Ui</u> (m)	F (N)	T (N)
, 1	165.888	-20.760	155.118	1.900	-36.388	-58.799
, 2	453.888	-12.740	442.714	5.090	-119.050	-100.094
, 3	682.368	-4.970	679.802	7.360	-199.169	-59.116
, 4	854.784	2.710	853.828	9.000	257.192	40.415
, 5	971.520	10.460	955.375	10.020	284.963	176.378
, 6	1030.080	18.360	977.645	9.780	294.806	324.460
, 7	1023.552	26.680	914.573	8.630	275.300	459.581
, 8	938.496	35.650	762.616	6.540	229.697	546.984
, 9	746.688	45.790	520.660	3.240	179.017	535.216
, 10	355.584	58.290	186.903	.000	107.908	302.501
Le coefficient de sécurité est de			1.338159			

Figure IV - 14 : Résultat des calculs de Ks pour talus aval

On remarque que $K_s = 1,34 > 1$, donc le talus aval de la retenue est stable.

IV – 9 – Conclusion

Après avoir vérifié la stabilité des talus de la digue de la retenue, nous avons trouvé que les coefficients de sécurité sont nettement supérieurs à la valeur admissible, ce qui assure la stabilité de l'ouvrage.

Chapitre V :

Ouvrages Annexes

V-1) Introduction sur les ouvrages annexes

Pour compléter la conception de la retenue, on a envisagé d'installer quelques ouvrages qui permettra le bon fonctionnement de la retenue collinaire, ces ouvrages annexes sont ; évacuateur de crue, prise d'eau et vidange du fond. Chaque ouvrage sera dimensionné d'une manière à ce que la sécurité et la durabilité du service de la retenue collinaire est vérifier.

A) Evacuateur de crues

La construction d'une digue a pour but de créer une retenue susceptible de satisfaire des besoins bien déterminés, sans présenter aucun obstacle pour une crue de débits importants pouvant la submerger et entraîne sa ruine par conséquent.

Ce type de dégât sera évité en projetant un évacuateur de crues dans la retenue pouvant évacuer sans risque ces débits et donc protéger la digue.

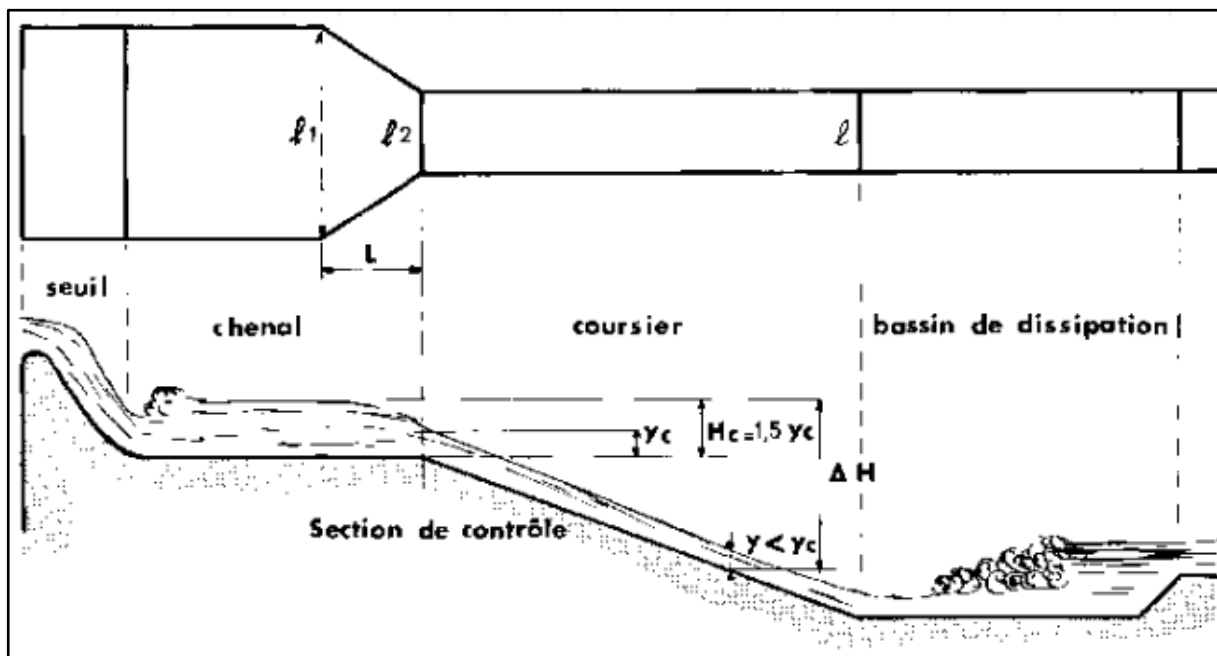


Figure V - 1 : Model d'évacuateur de Crue

1) Différents types d'évacuateurs :

On distingue généralement deux grandes catégories d'évacuateurs de crue dans un barrage en terre :

a) Evacuateur frontal :

Dans ce type de déversoir le déversement est effectué d'une façon coaxiale à l'axe de l'évacuateur. Ce dernier est composé des parties suivantes :

- ✓ Canal d'entrée
- ✓ Déversoir
- ✓ Transition
- ✓ Coursier
- ✓ Élément de dissipation
- ✓ Risberme
- ✓ Canal de sortie

b) Evacuateur latéral :

Dans ce type de déversoir le déversement est effectué avec un certain angle par rapport à celui de l'évacuateur de crue. Ce dernier est composé des parties suivantes :

- ✓ Canal d'entrée
- ✓ Déversoir
- ✓ Cuvette
- ✓ Transition
- ✓ Coursier
- ✓ Élément de dissipation
- ✓ Risberme
- ✓ Canal de sortie

Dans notre projet, la variante retenue est l'évacuateur de crue Latéral.

2) Choix de l'emplacement de l'évacuateur de crue :

L'emplacement de l'évacuateur de crues dépend essentiellement de la géologie et de la topographie du site, en tenant compte du facteur économique et la sécurité de l'aménagement. L'évacuateur doit être fondé sur le substratum marneux sain pour éviter tout tassement ou gonflement de la fondation.

L'évacuateur sera projeté en rive gauche.

3) Données de départ :

- Débit de crue de dimensionnement : $Q_c = 9,51 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Niveau normal de la retenue : $\text{NNR} = 1235 \text{ m}$.
- Longueur du déversoir : $B = 5 \text{ m}$;
- Coefficient de débit : $m_0 = 0.48$.

Pour entamer les calculs, il est nécessaire de déterminer la charge sur le déversoir induit par le passage du débit Q_c sur ce dernier. La formule générale du débit est :

$$Q_c = m_0 \times B_d \times \sqrt{2 \times g} \times H^{\frac{3}{2}} \quad (\text{V} - 01)$$

Donc la charge est :

$$H = \left(\frac{Q_c}{m_0 \times B_d \times \sqrt{2 \times g}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{V} - 02)$$

$$H = \left(\frac{9.51}{0.48 \times 5 \times \sqrt{2 \times 9.81}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.93 \text{ m}$$

La hauteur de pelle du déversoir est prise comme étant la moitié de la charge déversante :

$$P = 0,5 \times H = 0,46 \text{ m}$$

3-1) Canal d'amenée :

Le canal d'amenée (canal d'approche) permet de guider calmement la crue vers le seuil déversant. Son dimensionnement consiste à déterminer la largeur, et de vérifier la vitesse d'écoulement vis-à-vis de l'érosion du sol.

a) Critères de dimensionnement :

- Le canal de rapprochement doit conduire l'eau jusqu'au déversoir dans des conditions tranquilles sans turbulence.
- Les dimensions du canal (largeur et longueur) seront subordonnées à la longueur, au type, à l'emplacement du déversoir et aux caractéristiques du terrain.
- Les vitesses doivent être suffisamment petites, pour que les pertes d'énergie et l'érosion soient minimales.
- L'entrée d'eau au canal doit être douce pour éviter des tourbillons et remous. On doit éviter des flexions brusques.
- Les lignes de courant doivent être normales à l'avant du déversoir pour obtenir la distribution uniforme des débits spécifiques [20].

b) Largeur du canal :

Pour simplifier le calcul, on prendra cette largeur égale à celle du déversoir de l'évacuateur.

Donc : $b_c = B_d = 5\text{m}$

c) Vitesse d'approche :

La vitesse d'approche dans le canal est donnée par :

$$V_{app} = \frac{Q_c}{S_m} = \frac{Q_c}{b_c \times Z} \quad (\text{V} - 03)$$

Avec :

Q_c : débit de crue à évacuer (m^3/s) ;

b_c : largeur du canal d'approche (m) ;

Z : charge d'eau = $H+P$ (m).

$$V_{app} = \frac{9,51}{5 \times (0,93 + 0,46)}$$

$$V_{app} = 1,37 \text{ m/s}$$

En l'absence de données géologique de la rive gauche, on considère que cette vitesse est acceptable et n'entraîne pas de risque d'érosion.

3-2) Déversoir :

Le déversoir latérale est la composante de l'ouvrage qui va réguler les débits déversés à travers l'évacuateur, c'est pourquoi sa conception correcte garantit son bon fonctionnement.

Dans les évacuateurs de crue, le déversoir doit être profilé de sorte à épouser la nappe inférieure de la lame déversante. Ce type de conception évite l'apparition de sous pressions (décollement) et la guider la lame sans provoquer de conséquences sur la structure (vibration notamment).

L'ingénieur Américain CREAGER a préconisé un profil situé légèrement au-dessus du profil type de la nappe libre ; l'équation du profil CREAGER est :

$$y = 0,47 \cdot H \cdot \left(\frac{X}{H}\right)^{1.8} \quad (\text{V} - 04)$$

Où :

x = Distance horizontale en m.

Y = Distance verticale en m.

Dans le tableau suivant, les coordonnées des deux types sont reportées.

Tableau V - 1 : Coordonnées du profil type de déversoir.

CREAGER	X (m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,46
	Y (m)	0,00	-0,01	-0,03	-0,06	-0,10	-0,12

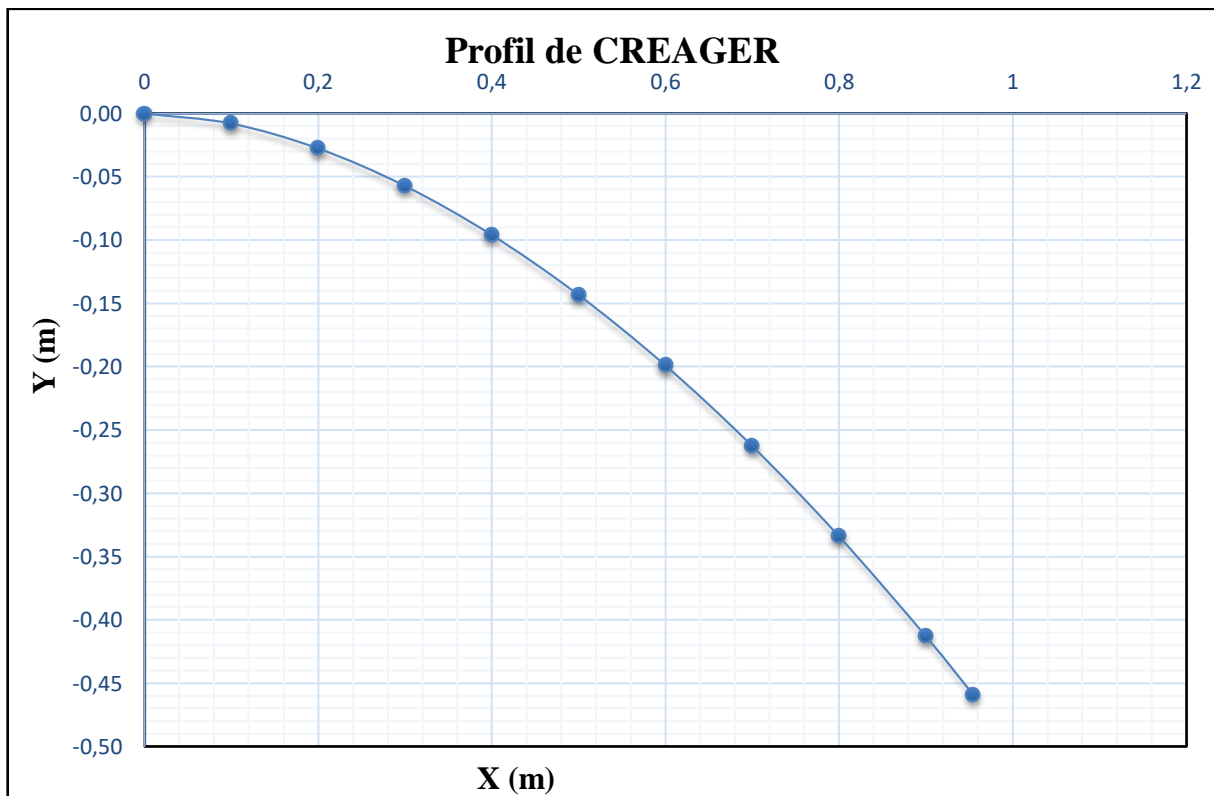


Figure V - 2 : Profil du déversoir type CREAGER.

Après avoir déterminé le profil du déversoir, il suffit alors de faire un raccordement avec la transition par le rayon de cercle adéquat.

3-3) Transition :

La transition est une structure qui est placée entre le déversoir et le coursier. L'utilisation des transitions est déterminée par la nécessité de réduire les dimensions des ouvrages en aval qui par rapport aux grandes longueurs déversante qui sont généralement tirées du calcul de la section de contrôle.

a) calcul de la pente de la transition :

Suivant le profil topographique de l'évacuateur, la section de contrôle est calée sur la cote de 1234,99 m. sachant que le raccordement du déversoir est effectué à une cote de 1235 m. La longueur de la transition étant de 10 m, sa pente sera donc :

$$I_g = \frac{1235 - 1234,99}{10} \rightarrow I_g = 0,1\% \quad (\text{V} - 05)$$

b) calcul de la pente critique :

Pour que le régime soit subcritique, il faut donc que $I_g < I_c$. Pour vérifier les conditions d'écoulement, on calculera la profondeur critique "h_c" et la pente critique.

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q_c^2}{g \times B^2}} \quad (\text{V} - 06)$$

$$\Rightarrow h_c = \sqrt[3]{\frac{9,51^2}{9,81 \times 5^2}} \Rightarrow h_c = 0,72 \text{ m}$$

La pente critique se détermine par la formule de Manning :

$$Q_c = K_s \times S \times R^{\frac{2}{3}} \times I_c^{\frac{1}{2}} \quad (\text{V} - 07)$$

$$I_c = \left[\frac{Q_c \times (B + 2h_c)^{\frac{2}{3}}}{K_s \times (B \times h_c)^{\frac{5}{3}}} \right]^2 \quad (\text{V} - 08)$$

Avec :

K_s : coefficient de Strickler : (K_s=71).

$$I_c = \left[\frac{9,51 \times (5 + 2 \times 0,72)^{\frac{2}{3}}}{71 \times (5 \times 0,72)^{\frac{5}{3}}} \right]^2 \Rightarrow I_c = 0,3\%$$

Donc le régime dans le chenal est subcritique.

3-4) Coursier :

Le coursier est un ouvrage de raccordement, il fait suite au chenal d'écoulement, sa fonction est de conduire l'eau au dissipateur d'énergie. Pour assurer de bonnes conditions de l'écoulement il est conseillé de lui donner une section rectangulaire

a) Critères généraux pour le dimensionnement :

La conception hydraulique d'un coursier implique la solution des aspects suivants :

- a. Tracé en plan.
- b. Tracé du profil longitudinal.
- c. Obtention de la section transversale.
- d. Calcul de la hauteur des parois latérales.

➤ Vue en plan du coursier.

Pour la réalisation du tracé en plan, on prend en considérations les conditions suivantes :

- a. Utiliser les thalwegs.
- b. Éviter les changements de direction en plan du coursier car on ne peut pas oublier que le régime d'écoulement est supercritique.
- c. Réduire avec son tracé la distance entre la cuvette et la sortie dans la rivière, pour économiser les travaux d'excavation et le bétonnage.

➤ Tracé du profil longitudinal du coursier.

Ceci dépend de l'expérience du concepteur, de la géologie et de la topographie de la zone, bien qu'il reste encore d'autres questions qui doivent être considérées.

- a) On doit éviter l'obtention de pentes très prononcées (30 %) puisqu'elles provoquent de hautes vitesses dans le flux qui peuvent donner lieu à la cavitation.
- b) Suivre la pente naturelle du terrain afin de diminuer l'excavation.

b) Données du coursier :

- Longueur : 124.85 m ;
- Largeur : 5 m ;
- Cote amont : 1234.99 m
- Cote finale : 1213.38 m ;
- Pente : 17.31 %

c) Calcul de la ligne d'eau :

L'écoulement dans le coursier étant non uniforme, donc la profondeur d'eau dans le canal varie depuis la transition (h_c) jusqu'à la sortie dans le bassin d'amortissement. L'objectif est de déterminer l'allure de la ligne d'eau à travers le coursier pour déterminer en suite la hauteur des bajoyers.

Le régime graduellement varié est donné par l'équation différentielle suivant :

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2 \cdot R^{4/3} S^2}}{1 - \frac{Q^2 B}{g \cdot S^3}} \quad (\text{V} - 09)$$

Pour sa résolution, plusieurs méthodes existent :

- Méthode de Manzanares ;
- Méthode de Bakhmatef ;
- Méthode graphique ;
- Méthode des différences finies (MDF).

Dans notre cas, nous allons utiliser la MDF car elle est bien adaptée à la programmation, et fournit des résultats très satisfaisants.

Pour assurer la convergence, nous utiliserons la méthode d'EULER avec un schéma implicite suivant :[21]

$$h_{i+1} = h_i + f(x_{i+1}, h_{i+1}) \cdot \Delta x \Rightarrow h_{i+1} = h_i + \frac{i - \frac{Q^2}{K^2 \cdot R_{i+1}^{4/3} S_{i+1}^2}}{1 - \frac{Q^2 B}{g \cdot S_{i+1}^3}} \cdot \Delta x \quad (\text{V} - 10)$$

Avec :

S_{i+1} , R_{i+1} : Section mouillée et rayon hydraulique correspondant à h_{i+1} .

Il s'agit donc de résoudre un problème à condition initiale (problème de Cauchy), il suffira d'avoir la valeur initiale qui est h_c à la section de contrôle (fin de la transition).

Le calcul pas à pas est donné dans le tableau suivant avec un incrément d'espace de 7,344 m.

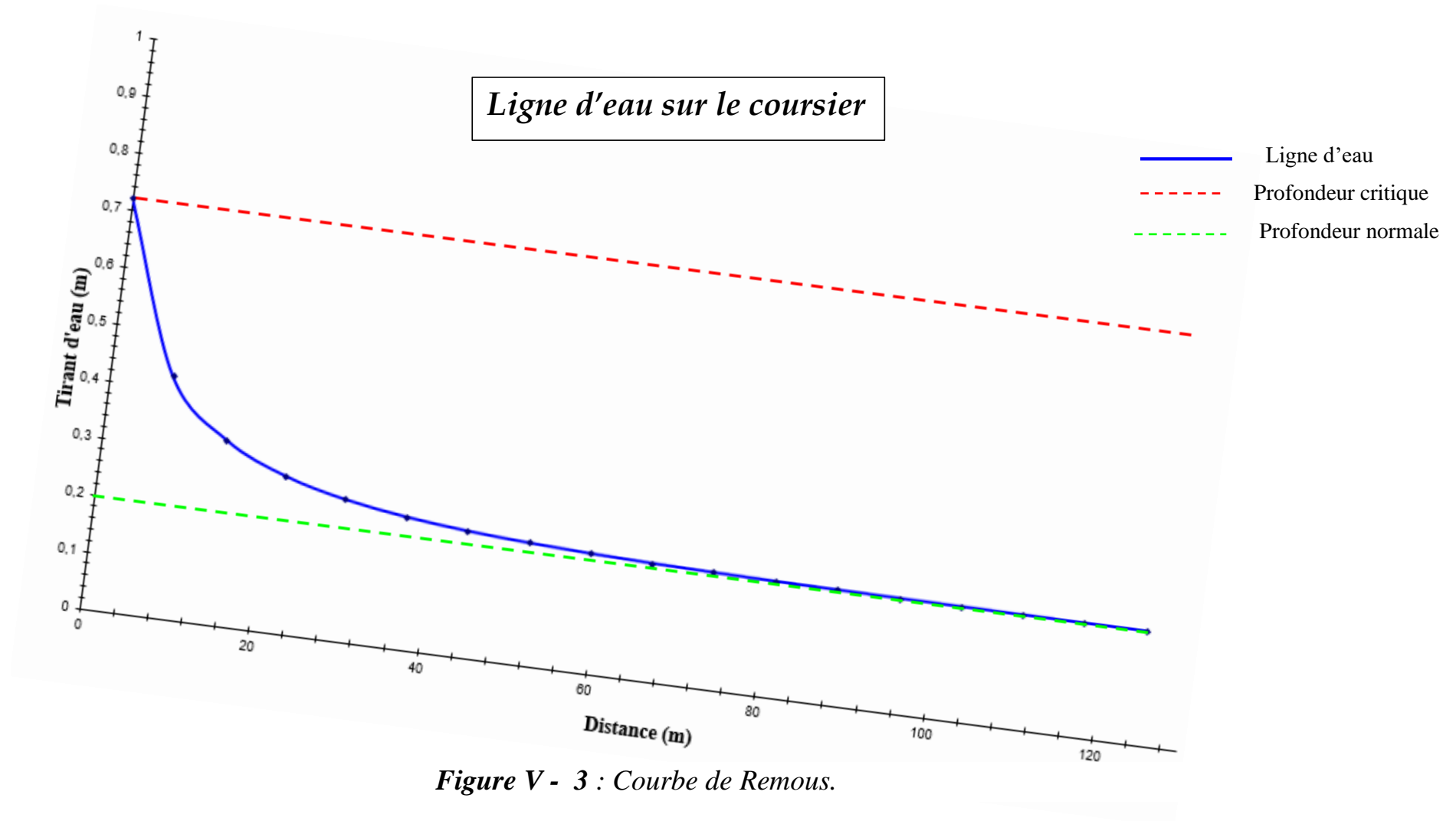
Tableau V - 2 : Intégration numérique de l'équation du régime varié.

Section (m)	Sm (m ²)	Pm (m)	R (m)	$\frac{bQ^2}{gA^3}$	$A=1-\frac{bQ^2}{gA^3}$	$\frac{n^2Q^2}{R^{4/3}A^2}$	$\frac{B=}{i-\frac{n^2Q^2}{R^{4/3}A^2}}$	$\frac{B}{A}$	Dh (m)	h _{sup} (m)	h _{ex} (m)	f
0,000	3,600	6,440	0,559	0,98799	0,01201	0,00301	0,17009	---	0,00000	0,72000	0,72000	0
7,344	2,113	5,845	0,361	4,88827	-3,88827	0,01561	0,15749	-0,04050	-0,29746	0,42254	0,42254	-8,33056E-13
14,688	1,612	5,645	0,286	11,00360	-10,00360	0,03671	0,13639	-0,01363	-0,10013	0,32241	0,32241	3,26746E-09
22,032	1,370	5,548	0,247	17,91892	-16,91892	0,06167	0,11143	-0,00659	-0,04837	0,27404	0,27404	7,7453E-11
29,376	1,234	5,494	0,225	24,50566	-23,50566	0,08619	0,08691	-0,00370	-0,02715	0,24689	0,24689	6,41542E-13
36,721	1,152	5,461	0,211	30,15214	-29,15214	0,10765	0,06545	-0,00225	-0,01649	0,23040	0,23040	-1,49466E-10
44,065	1,100	5,440	0,202	34,66944	-33,66944	0,12507	0,04803	-0,00143	-0,01048	0,21992	0,21992	2,41196E-13
51,409	1,065	5,426	0,196	38,11873	-37,11873	0,13851	0,03459	-0,00093	-0,00684	0,21308	0,21308	-1,74852E-09
58,753	1,043	5,417	0,192	40,66990	-39,66990	0,14851	0,02459	-0,00062	-0,00455	0,20853	0,20853	-2,15462E-10
66,097	1,027	5,411	0,190	42,51594	-41,51594	0,15579	0,01731	-0,00042	-0,00306	0,20546	0,20546	-2,28306E-11
73,441	1,017	5,407	0,188	43,83176	-42,83176	0,16099	0,01211	-0,00028	-0,00208	0,20339	0,20339	-1,80889E-12
80,785	1,010	5,404	0,187	44,75994	-43,75994	0,16466	0,00844	-0,00019	-0,00142	0,20197	0,20197	-7,05824E-14
88,129	1,005	5,402	0,186	45,41002	-44,41002	0,16724	0,00586	-0,00013	-0,00097	0,20100	0,20100	-7,16722E-11
95,474	1,002	5,401	0,185	45,86307	-44,86307	0,16904	0,00406	-0,00009	-0,00066	0,20034	0,20034	-1,33583E-09
102,818	0,999	5,400	0,185	46,17774	-45,17774	0,17029	0,00281	-0,00006	-0,00046	0,19988	0,19988	-3,06223E-09
110,162	0,998	5,399	0,185	46,39578	-45,39578	0,17116	0,00194	-0,00004	-0,00031	0,19957	0,19957	-3,63241E-09
117,506	0,997	5,399	0,185	46,54662	-45,54662	0,17176	0,00134	-0,00003	-0,00022	0,19935	0,19935	-3,39267E-09

Avec :

h_{sup} : tirant d'eau supposé à l'itération kh_{ex} : tirant d'eau résultant après calcul à l'itération k+1

f : différence entre les deux valeurs précédente qui doit tendre vers zéro (précision).



3-5) Dissipateur d'énergie :

L'énergie obtenue à la fin du coursier et qui est due à la grande vitesse de l'écoulement doit être dissipée en aval afin de protéger les berges et même le corps du barrage contre l'érosion régressive qui peut apparaître.

Le principe de la dissipation d'énergie du flot évacué se fait par un ralentissement brutal de la vitesse de l'écoulement et donc par un changement du régime d'écoulement du torrentiel au fluvial.

Les tests réalisés par (USBR) « The Bureau Of Réclamation » montrent que le ressaut dépend directement du nombre de Froude et on a :

- $1,0 \leq Fr \leq 1,7$ Ressaut ondulé.
- $1,7 < Fr \leq 2,5$ Ressaut faible de petites apparitions en surface.
- $2,5 < Fr \leq 4,5$ Ressaut oscillant.
- $4,5 < Fr \leq 9$ Ressaut stable (Stationnaire).
- $Fr > 9$ Ressaut fort (Ecoulement très turbulent).

Le nombre de Froude à la fin du coursier est de $Fr = 6,83$. Et la vitesse $V = 9,55$ m/s. Froude est supérieur à 4,5 et inférieur à 9, cela veut dire que le ressaut est stable. La mise en place des blocs, de déflecteur permettent de raccourcir le bassin et évite le déplacement du ressaut à l'aval.

$V < 15$ m/s, alors on est appelé à utiliser le bassin de type II.

a) dimensionnement du dissipateur :

La profondeur conjuguée du ressaut est déterminée par :

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{8F_{R1}^2 + 1} - 1 \right) \quad (\text{V} - 11)$$

AN :

$$Y_2 = \frac{0,199}{2} \left[\sqrt{1 + 8(6,83)^2} - 1 \right] \Rightarrow Y_2 = 1,83 \text{ m}$$

➤ Longueur du bassin

On détermine la longueur des dissipateurs (L_{II}) par la formule suivante :

$$L_{II} = Y_2 (1,62 + 0,1788F_r - 0,007F_r^2) \quad (\text{V} - 12)$$

AN :

$$L_{II} = 1,83 \cdot [1,62 + 0,1788(6,83) - 0,007(6,83)^2] \rightarrow L_{II} = 4,60 \text{ m}$$

Dimensions des dents déflectrices :

Hauteur $h_1 = Y_1 = 0,199$ m

Epaisseur $l_1 = Y_1 = 0,199$ m

Espace entre les dents $e_1 = Y_1 = 0,199$ m.

Espace fractionnel $e_2 = 0,5Y_1 = 0,10$ m.

➤ **Nombre de dents :**

Le nombre de dents est donné par :

$$n = \frac{b}{2Y_1} \quad (V - 13)$$

AN :

$$n = \frac{5}{2 \cdot 0,199} \rightarrow n = 12$$

➤ **Dimensions du seuil terminal :**

Hauteur, $h_2 = 0.2Y_2 = 0,37$ m.

Epaisseur, $e = 0.15Y_2 = 0,27$ m

Epaisseur supérieur de la dent, $e_s = 0.02Y_2 = 0,04$ m

Espace entre les dents, $0.15Y_2 = 0,27$ m.

La figure suivante illustre une perspective du bassin d'amortissement :

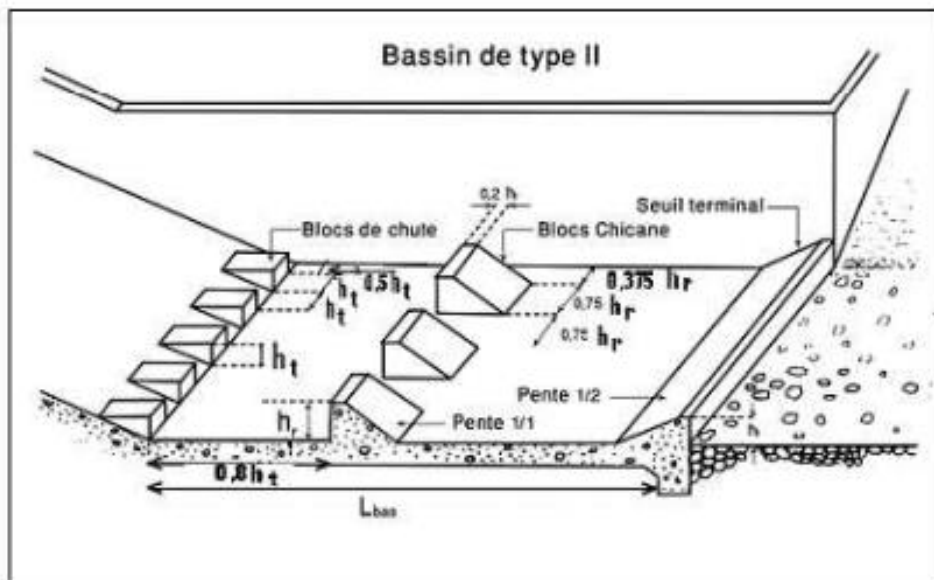


Figure V - 4 : Bassin de dissipation type USBR II.

4) Conception de l'évacuateur de crues

Après le dimensionnement hydraulique des éléments de l'évacuateur de crues, et le calcul de la ligne d'eau ; on doit prévoir la hauteur finale des bajoyers pour assurer le bon fonctionnement de l'évacuateur.

a) **Hauteur des murs bajoyers :**

➤ **Hauteur des murs à l'entrée du déversoir :**

On a :

$$h_m = H_0 + r \quad (V - 14)$$

h_m : Hauteur des murs bajoyers (m) ;
 H_0 : charge sur le déversoir (m) ;
 r : Revanche de sécurité (m) donnée par la formule suivante :

$$r = 0.61 + 0.14 \cdot V^{1/3} \quad (V - 15)$$

$$V = \frac{Q_c}{S} = \frac{9,51}{(0,996)} = 9,55 \text{ m/s}, \text{ donc } r = 0.61 + 0.14 \cdot (9,55)^{1/3} \Rightarrow r = 0,91 \text{ m}.$$

On aura donc :

$$h_m = 0,93 + 0,91 \Rightarrow h_m = 1,84\text{m}$$

➤ **Hauteur des murs du chenal :**

Sur le long du chenal d'écoulement, la hauteur des bajoyers doit atteindre la crête du barrage.

➤ **Hauteur des murs au début du coursier :**

Sachant que la hauteur d'eau au début du coursier est de 0,72 m, on a donc :

$$h_m = 0,72 + 0,8 \Rightarrow h_m = 1,52\text{m}$$

➤ **Hauteur des murs à la fin du coursier :**

D'après le tableau d'intégration numérique du RGV, la hauteur d'eau en fin du coursier est de 0,199 m. la hauteur des bajoyers sera :

$$h_m = 0,199 + 0,8 \Rightarrow h_m = 1\text{m}$$

Remarque :

Les murs bajoyers sont construits en béton armé d'une épaisseur de 0.5m le long de tous les éléments de l'évacuateur de crues. Ces murs assurent l'acheminement régulier des eaux sans débordement, vers l'aval et même servent à maintenir les terres tout autour du coursier et du déversoir.

B) Prise d'eau et vidange de fond

La prise d'eau occupe une place de grande importance, elle dépend de sa correcte conception et d'exploitation qu'on atteint à la fin de l'ouvrage, à savoir, l'utilisation de l'eau retenue avec la garantie et les paramètres d'exploitation nécessaires. La fonction principale de l'ouvrage de prise d'eau est de contrôler la sortie du volume d'eau stockée du réservoir au moment voulu, en plus, il servira pour la dérivation des eaux pendant la période de construction du barrage.

La vidange est un dispositif destiné à vider un réservoir, composé d'une prise d'eau située au fond et d'une galerie d'évacuation vers l'aval.

L'ouvrage de prise d'eau et de vidange de fond doivent être conçus avec une capacité suffisante qui garantit le temps de vidange du barrage et qui n'affecte pas la stabilité de la pente du barrage, mais en même temps, elle permettra la diminution du niveau d'eau de la cuvette en un temps préétabli en permettant la réparation de tous les problèmes qui se présentent dans cette dernière.

1) But

A pour objet de vérifier le dimensionnement du circuit de vidange de fond de la retenue de telle sorte à satisfaire aux critères d'exploitation et de sécurité.

Sachant que l'une des phases essentielles de la vie d'un barrage est la période de première mise en eau qui exige de la part du maître d'ouvrage une totale maîtrise du niveau du plan d'eau pour assurer la sécurité, les organes de vidange doivent être suffisamment dimensionnés pour servir d'organes de sécurité permettant de contrôler la première mise en charge du barrage et d'abaisser rapidement le niveau de la retenue si des anomalies apparaissent dans le comportement de l'ouvrage.

2) Donnée de base

Cote du niveau normal de la retenue (C/NNR) : 1235 m

Cote du volume mort (C/NVM) : 1223 m

Cote du fond de la retenue : 1216.5 m

La charge totale sur le pertuis de vidange (h_0) 18,5m

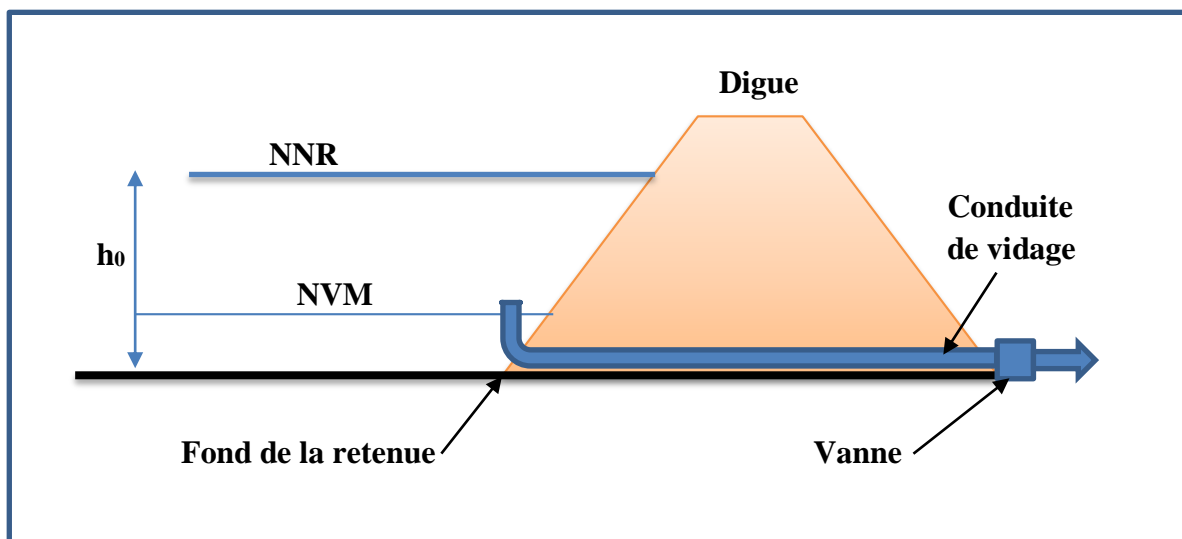


Figure V - 5 : Schéma de la vidange de fond

3) Procédé de calcul du temps de vidange

Dans le cadre de ce travail deux approches originales ont été suivies :

a) Méthode analytique par séries infinies

Le temps de vidange est déterminé par l'équation suivante :

Soit l'équation différentielle de continuité :

$$Q_e - Q_s = \frac{dV}{dt} \quad (V - 16)$$

Elle représente l'équation de continuité de base, qui assimile la différence entre le débit entrant Q_e et le débit sortant Q_s vers un réservoir au taux de changement de stockage dans le réservoir dV/dt :

Q_e : Débit entrant en m^3/s

Q_s : Débit sortant en m^3/s

V : Volume d'eau stocké en m³

t : Temps en S

On suppose $Q_c = 0$; alors la fonction (V – 16) deviendra comme suite :

$$\frac{dV}{dt} = -Q_s \quad (\text{V} - 17)$$

On simplifie l'équation (V – 17), on trouve :

$$Q_s = -A(h) \frac{dh}{dt} = C_d S \sqrt{2gh}$$

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{C_d S \sqrt{2gh}}{A(h)} = -C_d S \sqrt{2g} \frac{\sqrt{h}}{A(h)}$$

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{C_d \cdot S \sqrt{2gh}}{A(h)} = -C_d \cdot S \sqrt{2g} \frac{\sqrt{h}}{A(h)} = -\psi \frac{\sqrt{h}}{A(h)} \Rightarrow \frac{dh}{dt} = -\psi \frac{\sqrt{h}}{A(h)} \quad (\text{V} - 18)$$

$$Q_t = C_d S \sqrt{2gh(t)}$$

$$\psi = C_d \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g}$$

Avec $h(t=0) = 18,5\text{m}$

$C_d = 0,6$

$D = 200 \text{ mm} = 0,2\text{m}$

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,2^2}{4}$$

$$\psi = 0,6 \times \frac{\pi \times (0,2)^2}{4} \sqrt{19,62} = 0,0835$$

L'équation différentielle (V–18) est une fonction non linéaire (équation polynômiale), elle a été approchée par un polynôme d'ordre 2, dont les coefficients sont donnés ci-dessous :

$$A(h) = a + bh + ch^2$$

Tel que, « A » représente la variation de l'aire plan (horizontal) en fonction de la hauteur h

$$a = 18528,9$$

$$b = -3804,5$$

$$c = 290,537$$

Après discrétisation de l'équation (V–18) par la méthode des séries infinies, la solution analytique de cette fonction a été trouvé par une série infinie tronquée au quatrième ordre, d'où l'équation s'écrit de la forme suivante :

$$h(t) = h_0 - A_1 t + \frac{1}{4} B_1 t^2 + \frac{1}{6} C_1 t^3 - \frac{1}{48} D_1 t^4 \quad (\text{V} - 19)$$

Tel que :

$$A_1 = -\frac{\psi \cdot \sqrt{h_0}}{c \cdot h_0^2 + b \cdot h_0 + a}$$

$$B_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\psi^2 \cdot (-3 \cdot c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^3}$$

$$C_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{\psi^3 \cdot \sqrt{h_0} \cdot (-6 \cdot c^2 \cdot h_0^3 - 4 \cdot b \cdot c \cdot h_0^2 + 6 \cdot a \cdot c \cdot h_0 - b^2 \cdot h_0 + 2 \cdot a \cdot b)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^5}$$

$$D_1 = -\frac{1}{48} \cdot \left[\frac{\psi^4 \cdot (78 \cdot c^3 \cdot h_0^5 + 78 \cdot b \cdot c^2 \cdot h_0^4 - 144 \cdot a \cdot c^2 \cdot h_0^3 + 37 \cdot b^2 \cdot c \cdot h_0^3)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^7} + \frac{\psi^4 \cdot (-100 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot h_0^2 + 7 \cdot b^3 \cdot h_0^2 + 18 \cdot a^2 \cdot c \cdot h_0 - 21 \cdot a \cdot b^2 \cdot h_0 + 2 \cdot a^2 \cdot b)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^7} \right]$$

On remplace A₁, B₁, C₁, et D₁ dans (V – 19) on trouve :

$$h(x) = h_0 - \frac{\psi \cdot \sqrt{h_0}}{c \cdot h_0^2 + b \cdot h_0 + a} t + \frac{1}{4} \cdot \frac{\psi^2 \cdot (-3 \cdot c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^3} t^2 + \frac{1}{6} \cdot \frac{\psi^3 \cdot \sqrt{h_0} \cdot (-6 \cdot c^2 \cdot h_0^3 - 4 \cdot b \cdot c \cdot h_0^2 + 6 \cdot a \cdot c \cdot h_0 - b^2 \cdot h_0 + 2 \cdot a \cdot b)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^5} t^3 - \frac{1}{48} \cdot \left[\frac{\psi^4 \cdot (78 \cdot c^3 \cdot h_0^5 + 78 \cdot b \cdot c^2 \cdot h_0^4 - 144 \cdot a \cdot c^2 \cdot h_0^3 + 37 \cdot b^2 \cdot c \cdot h_0^3)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^7} + \frac{\psi^4 \cdot (-100 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot h_0^2 + 7 \cdot b^3 \cdot h_0^2 + 18 \cdot a^2 \cdot c \cdot h_0 - 21 \cdot a \cdot b^2 \cdot h_0 + 2 \cdot a^2 \cdot b)}{(c \cdot h_0^2 - b \cdot h_0 + a)^7} \right] t^4 \quad (\text{V-20})$$

L'équation (V – 20) est généralisée, elle est valable pour le calcul du volume, hauteur et débit en fonction du temps.

Après application numérique sur l'équation (V – 20), les différents résultats trouvés sont illustrés dans le tableau inséré en annexe IV.

Avec les données du tableau, on procède à une représentation graphique du temps de vidange qu'il faut à partir du N.N.R. jusqu'au N.V.M.

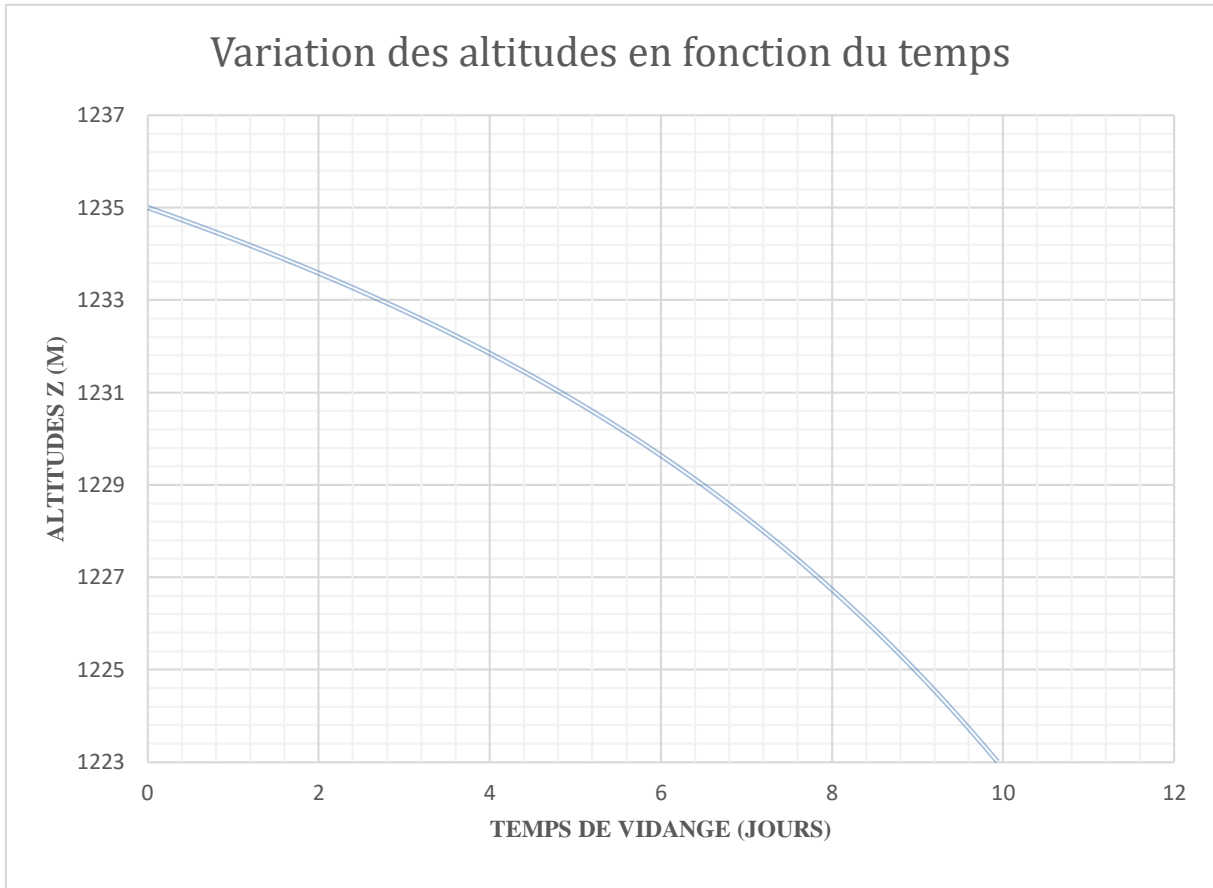


Figure V - 6 : Courbe du temps de vidange

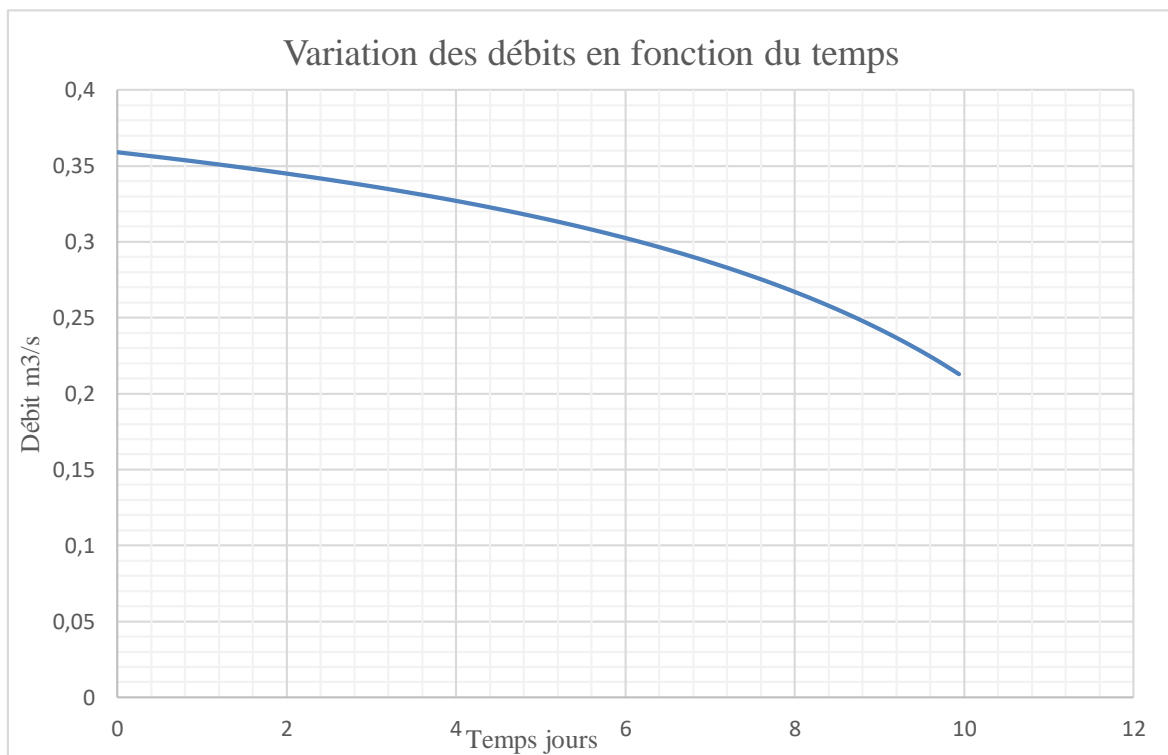


Figure V - 7 : Courbe du débit évacué en T/vidange

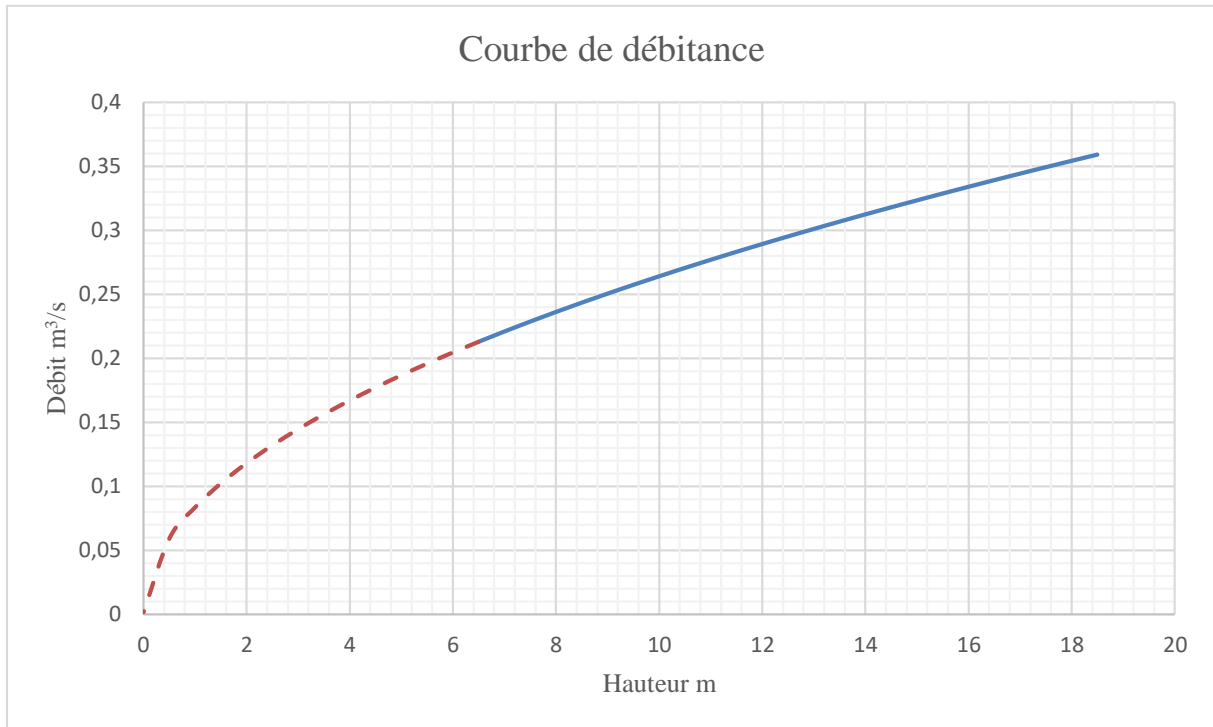


Figure V - 8 : Courbe des débits en fonction des hauteurs

On note que : après analyse de la figure (V – 5) et (V – 6), on constate que le temps de vidange qu’il faut pour que le niveau d’eau normal de la retenue soit baissé jusqu’au niveau du volume mort, est de l’ordre de dix (10) jours.

b) Méthode directe [21]

$$\text{Soit : } \frac{dh}{dt} = -\psi \frac{\sqrt{h}}{A(h)} \quad (\text{V - 21})$$

On inverse l’équation (V – 21) pour obtenir l’équation $t(h) = f(h)$.

$$\text{On trouve : } \frac{dt}{dh} = -\frac{A(h)}{\psi\sqrt{h}} \rightarrow \int_{t_1}^{t_2} dt = -\int_{h_1}^{h_2} \frac{A(h)}{\psi\sqrt{h}} dh \quad (\text{V - 22})$$

Le temps de vidange total (ou partiel) sera :

$$T = \int_{h_2}^{h_1} \frac{A(h)}{\psi\sqrt{h}} dh = \int_{h_2}^{h_1} \frac{a + bh + ch^2}{\psi\sqrt{h}} dh \quad (\text{V - 23})$$

Finalement pour tout valeur de h_1 et h_2 , le temps de vidange sera calculé directement a partir de la formule suivante :

$$T = \left[\frac{2\sqrt{h}(3ch^2 + 5bh + 15a)}{15\psi} \right]_{h_2}^{h_1} \quad (\text{V - 24})$$

Application numérique sur l'équation (**V – 24**)

h1 m	h2 s		
18,5	6,5		
t(h1) s	t(h2) s	T (s)	T (jours)
1540826,75	778098,538	762728,216	8,828

La valeur du temps T en (S) représente la différence entre $t(h_1) - t(h_2)$

Donc le temps de vidange en jour par la méthode directe égale à environ 9 jours, comparativement avec la première méthode, on peut dire qu'il n'ait pas une différence.

V – 2) Conclusion :

Les ouvrages annexes jouent un rôle capital dans le bon fonctionnement du barrage, l'évacuateur de crue, avec un bon dimensionnement, assure la transition des débits des crues sans avoir causer des préjudices sur la structure du barrage et sur la périphérie qui se situe à l'aval. La prise d'eau et la vidange de fond, assure la régulation du volume d'eau à l'intérieur du barrage et lors de la réalisation et après achèvement et mise en exploitation.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le présent mémoire est une étude de faisabilité d'une retenue collinaire à BENI MELLIKECHE, lieu-dit IOURAGHEN. Les résultats des recherches effectuées dans le cadre de ce projet, nous ont permis de localiser le site en question. Il est Situé sur les hauteurs des montagnes du Djurdjura qui surplombe la vallée du Sahel, avec une superficie du bassin versant qui est de l'ordre de 3,41 km², qui caractérise un relief très fort.

La longueur du plus long Talweg : $L = 2,31$ Km et la longueur de tous les cours d'eau : $LT = 22,47$ Km.

La détermination de la superficie du bassin versant est effectuée à l'aide du logiciel professionnel **Global Mapper**, ainsi le **Covadis 17**.

Le climat de cette région appartient au climat méditerranéen, la température moyenne annuelle est de 17.7 °C.

Après avoir étudié la pluviométrie, on a procédé à l'ajustement des pluies, cette opération a été effectuée à l'aide du logiciel **Hyfran Plus**.

Le bassin versant, assure un apport liquide moyen de l'ordre de 0,334 hm³ et un apportsolide de 274,09 t/km².an, Le temps met par une crue du projet de l'ordre de 89,58 m³/s pour atteindre l'exutoire dubassin versant est de 0,6 h.

La capacité utile du barrage est de 0,257 hm³

Le plan d'eau du barrage amorti la crue du projet durant 42 mn qui donne un débit laminé d'une valeur de 9,51 m³/s. et une charge de 0,93m.

Lors du dimensionnement de la digue, on a tracé la ligne de saturation afin de vérifier le phénomène d'infiltration, la stabilité au glissement a été vérifier pour le parement amont et le parement aval, les résultats obtenus sont satisfaisants, ce qui assure la stabilité de la digue.

Enfin dans les ouvrages annexe, on a projeté un évacuateur de crue type latérale, sera placé au côté gauche de la retenue, concernant prise d'eau et la vidange de fond, leurs rôles est bien définie.

Bibliographie

Références bibliographiques & sites internet

- [1] : **Dr. Mebarek Guergueb¹, Dr. Abderrazak Ferhat²**, ¹ Université de Tamanrasset, (Algerie), ² Université de Tamanrasset, (Algerie), La gestion des eaux en Algerie : vers un nouveau paradigme, Journal of Advanced Economic Research / : 06 (ISS : 01) / 2021, PISSN : 2572-0198 / EISSN : 2676-1572, Date de reception : 07/05/2021, Date d'acceptation : 01/06/2021, Date de publication : 05/06/2021.
- [2] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Beni_Mellikeche
- [3] : **RAFIK OULBSIR**, Exposé sur l'impact du changement climatique les ressources hydriques, journée organisée à la salle des conférences, commune BENI MELLIKECHE, BET/H.
- [4] : **MERAKCHI Abderrahmane & SERIK Koseila**. Mémoire fin d'étude : Etude d'aménagement de l'oued Beni-Hamdoune à Tazmalt. Université : A. MIRA- Béjaia. 2021.
- [5] : **E-learning. Univ-Msila.dz/TDS – hydrologie = Bassin versant.**
- [6] : **HADID TAYAKOUT & BRINIS DAHBIA**, Mémoire de fin d'étude, Etude de faisabilité de la retenue collinaire d'EL MERDJ (TOUDJA.WBEJAIA), Université : AMira – Bejaia, 2007.
- [7] : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/chap6.pdf>
- [8] : **MAHTOUT RAHIM & AMRANI TINHINANE**, Contributions à l'étude d'aménagement de Oued Tifrit, AKBOU, Université A.Mira Béjaia., 2022.
- [9] : **RAFIK OULBSIR**, Rapport Avant-projet détaillé, étude sommaire de la retenue collinaire à Beni Mlikeche. BET/H.
- [10] : **Dr. A. BERREKSI**, Polycopie de cours de l'hydrologie 2, **Dr. A. BEDJOU**, Polycopie de cours de l'hydrologie Université A.Mira – bejaia.
- [11] : **IRATNI NAWEL**, modélisation hydrologique de quelques bassins vrsants de la TAFNA, thèses soutenues à l'USTO MB, 2014
- [12] : **TAMDRARI IDIR & ALMAS MALIK**, Mémoire de fin d'étude, Etude de la retenue collinaire sur l'oued IMDOUSSEN (W) TIZI OUZOU, Université A.Mira Béjaia., 2022.
- [13] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Methode_Rung_-_KUTTA
- [14] : A Runge-Kutta Approach for Reservoir Flood Routing Analysis. P.W. France, Division of Civil Engineering, School of Engineering, University of Wales College of Cardiff, Newport Road, Cardiff, CF2 1XH, UK
- [15] : **RODRIGUEZ, BERNARDO A. LA ROSA, SANTOS** : Manuel de conception et projet typiques de digues en terre. Alger 2004

[16] : **D r. LEHBAB ep. BOUKEZZI ZAKIA**, Polycopie de cours sur les barrages en remblai de terre, Faculté d'Architecture et de Génie Civil - Département d'Hydraulique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF

[17] : **Dr BRAKENI Aberrezak**, Polycopié de cours Les barrages en terre, Département D'Hydraulique Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée Et Environnement, Université A. Mira – bejaia

[18] : **M. CARLIER**, HYDRAULIQUE GENERALE ET APPLIQUEE, préface de **G. REMENIERAS**, Eyrolles Editeur Paris.

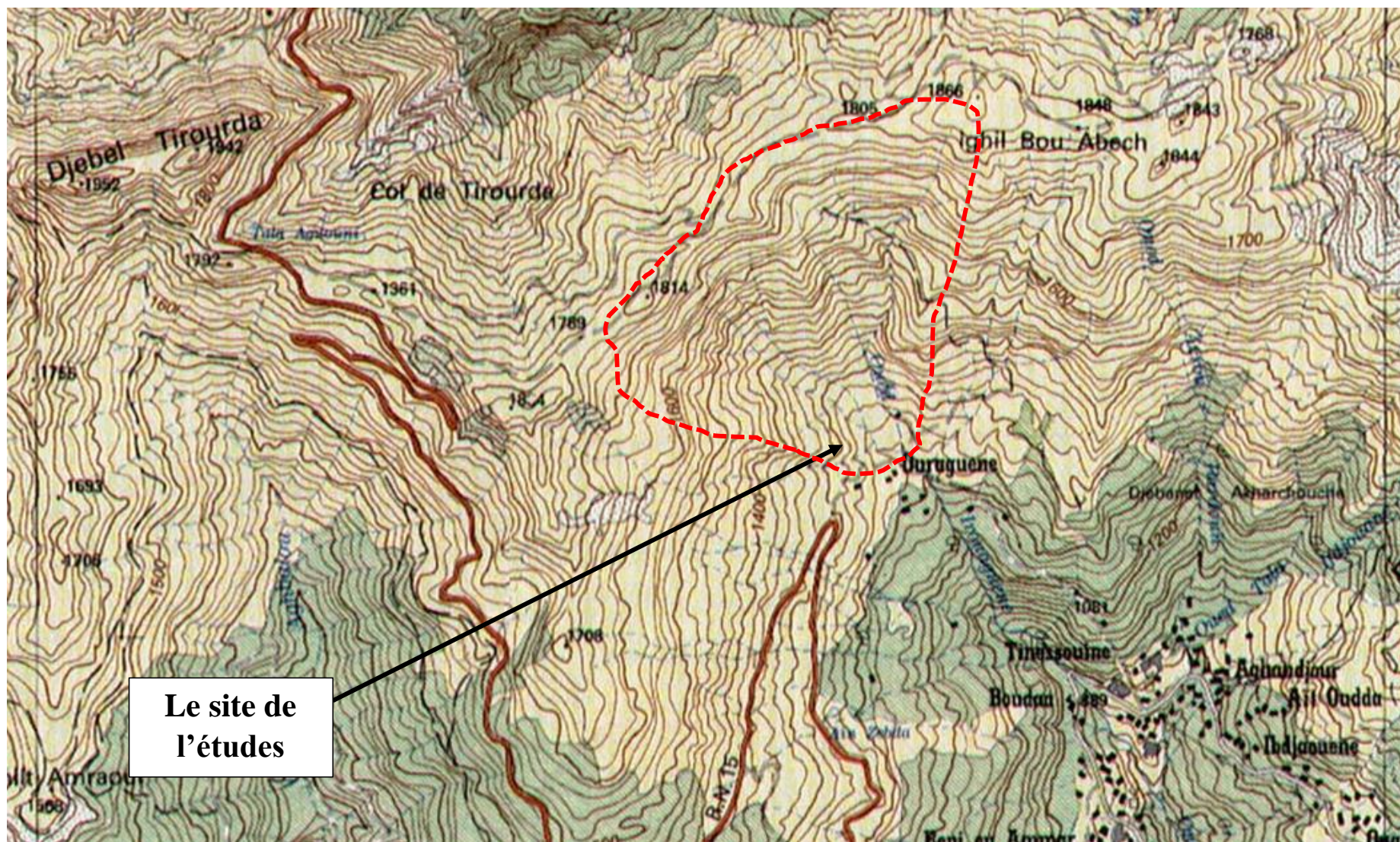
[19] : **Dr AMARA LYES**, programme de codification sous Fortran de la méthode de FELLINIUS.

[20] : **LUIS E. ROSETE GAMBOA. AGUSTIN ALVAREZ GARCIA** : Manuel de conception et projets typiques des évacuateurs de crues. Alger. 2004

[21] : **Dr AMARA LYES**, Note de cours, Résolution numérique des EDO par différences finies, Département Génie Civil et hydraulique, Université de Jijel

Annexe

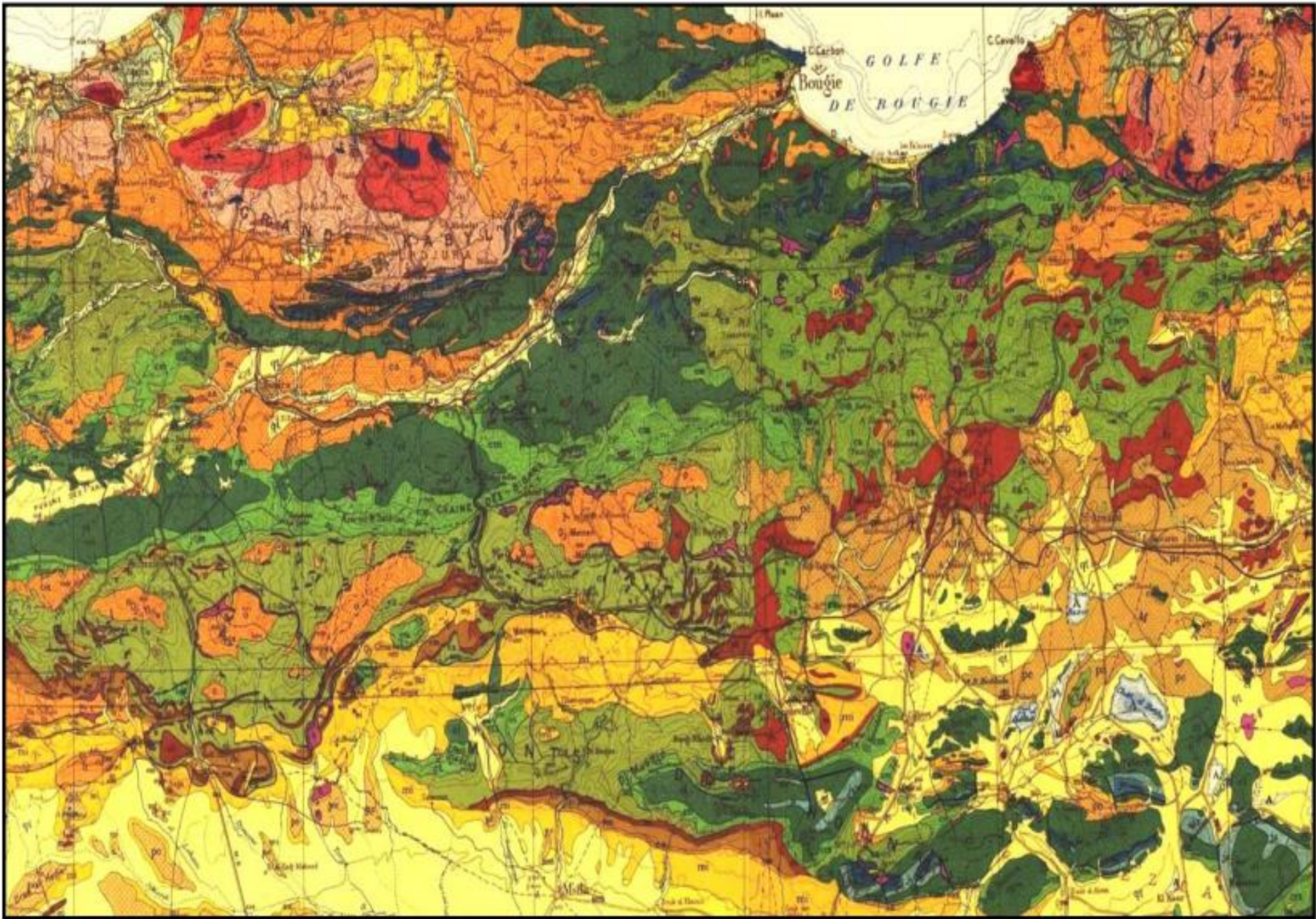
Annexe I



Le site de l'études

Capture d'écran sur l'emplacement du site d'étude

Annexe 1



Annexe 1

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

A	Alluvions actuelles: laas, marécages, deltas, chotts, sebkhas, limons et coquilles gypse-salines
D	Dunes récentes
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qm	Quaternaire marin: plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaires associées
qV	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à ligule, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pe	Pliocène continental: poudingues, calcaires lacustres
P	Pliocène marin conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: cailloux à Tripoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
mc	miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)
oa	Aquitainien continental (peuvent inclure localement la base du Burdigalien)
oo	Oligocène continental (peuvent inclure localement l'Éocène sup ^r continental)
o	Oligocène marin incluant localement l'Éocène supérieur)
em	Éocène moyen marin
ee	Éocène moyen et inférieur continental
es	Éocène inférieur marin

es	es Crétacé supérieur marin	esC Crétacé supérieur continental	em Crétacé supérieur marin non subdivisé	em Crétacé moyen (marin ou lagunaire)	em et Jurassien	en Cénomaniens	e Crétacé marin non subdivisé
e	Crétacé inférieur	ei - <i>facies marines normales</i>	ciP - <i>crétacé ou subcrétacé</i>	ciC - <i>crétacé ou subcrétacé</i>	ciC - <i>crétacé ou subcrétacé</i>	ciC - <i>crétacé ou subcrétacé</i>	
c	Crétacé et Jurassique non séparés						
js	js ₂ Jurassique sup ^r et moyen	js ₁ Jurassique sup ^r et moyen marins non séparés	js ₂ Jurassique supérieur non divisé	js ₂ Portlandien et Kimmeridgien (peuvent inclure localement le Berriassien)	js ₂ Lusitanien	js ₂ Oxfordien et Callovien	
jm	jm Jurassique moyen (peuvent inclure localement l'Anlénien supérieur)						
ji	ji ₂ Jurassique inf ^r marin	ji ₁ Anlénien et Turonien	ji ₁ Domérien et Pliensbachien	ji ₁₋₂ Anlénien à Domérien	ji ₁₋₂ Pliensbachien à Rhétien		
t	Trias marin ou lagunaire						
pt	Périmo-Trias: grès rouges, conglomérats						
hs	hs Westphalien D et Stéphanien						
hw	hw Westphalien AB et C						
hN	hN Namurien						
h	h Carbonifère non subdivisé						
hd	hd Dinantien	hV Viséen	hT Tournaisien				
d	Dévonien (sup ^r ds; moyen dm; inf ^r di)						
s	s Silurien	ss Gothlandien	si Ordovicien				



Annexe : Carte géologique de Bejaia

Annexe II

Table du test de Kolmogorov-Smirnov

$$D_n = \text{Sup} | F_n^*(x) - f(x) |$$

Valeurs de d_n telles que $P = P(D_n < d_n)$

n	P=.80	P=.90	P=.95	P=.98	P=.99
1	.90000	.95000	.97500	.99000	.99500
2	.68377	.77639	.84189	.90000	.92929
3	.56481	.63604	.70760	.78456	.82900
4	.49265	.56522	.62394	.68887	.73424
5	.44698	.50945	.56328	.62718	.66853
6	.41037	.46799	.51926	.57741	.61661
7	.38148	.43607	.48342	.53844	.57581
8	.35381	.40962	.45427	.51654	.54179
9	.33910	.38746	.43001	.47960	.51332
10	.32260	.36866	.40925	.45662	.48893
11	.30829	.35242	.39122	.43670	.46770
12	.29577	.33815	.37543	.41918	.44905
13	.28470	.32549	.36143	.40362	.43247
14	.27481	.31417	.34890	.38970	.41762
15	.26592	.30397	.33760	.37713	.40420
16	.25778	.29472	.32733	.36571	.39201
17	.25039	.28627	.31796	.35528	.38086
18	.24360	.27851	.30936	.34569	.37062
19	.23735	.27136	.30143	.33685	.36117
20	.23156	.26473	.29408	.32866	.35241
21	.22617	.25858	.28724	.32104	.34427
22	.22115	.25283	.28087	.31394	.33666
23	.21645	.24746	.27490	.30728	.32954
24	.21205	.24242	.26931	.30104	.32286
25	.20790	.23768	.26404	.29516	.31657
26	.20399	.23320	.25907	.28962	.31064
27	.20030	.22898	.25438	.28438	.30502
28	.19680	.22497	.24993	.27942	.29971
29	.19348	.22117	.24571	.27471	.29466
30	.19032	.21756	.24170	.27023	.28987
31	.18732	.21412	.23788	.26596	.28530
32	.18445	.21085	.23424	.26189	.28094
33	.18171	.20771	.23076	.25801	.27677
34	.17909	.20472	.22743	.25429	.27279
35	.17659	.20185	.22425	.25073	.26897

Annexe III

Tableau III-2 : résultat de calcul pour B = 3m

T (h)	T (s)	Qe (m3/s)	K1	K2	K3	K4	h (m)	Qs (m3/s)
0	0	0					0	0
0,01	36	3,831E-12	0,00E+00	5,05E-20	5,05E-20	1,11E-13	6,645E-13	3,455E-18
0,02	72	5,332E-09	7,96E-17	5,61E-15	5,61E-15	6,89E-12	4,2134E-11	1,7444E-15
0,03	108	3,317E-07	1,11E-13	1,09E-12	1,09E-12	1,20E-10	7,8922E-10	1,4142E-13
0,04	144	5,78E-06	6,89E-12	3,21E-11	3,21E-11	1,04E-09	7,8524E-09	4,4383E-12
0,05	180	5,015E-05	1,20E-10	3,78E-10	3,78E-10	5,82E-09	5,2544E-08	7,6825E-11
0,06	216	0,00028	1,04E-09	2,57E-09	2,57E-09	2,40E-08	2,6428E-07	8,6657E-10
0,07	252	0,0011531	5,82E-09	1,22E-08	1,22E-08	7,89E-08	1,0653E-06	7,0128E-09
0,08	288	0,0038002	2,40E-08	4,45E-08	4,45E-08	2,19E-07	3,5945E-06	4,3469E-08
0,09	324	0,0105649	7,89E-08	1,34E-07	1,34E-07	5,33E-07	1,0487E-05	2,1662E-07
0,1	360	0,025683	2,19E-07	3,47E-07	3,47E-07	1,16E-06	2,712E-05	9,0082E-07
0,11	396	0,0560107	5,33E-07	7,97E-07	7,97E-07	2,32E-06	6,3378E-05	3,2182E-06
0,12	432	0,1116759	1,16E-06	1,66E-06	1,66E-06	4,29E-06	0,00013592	1,0108E-05
0,13	468	0,2065155	2,32E-06	3,18E-06	3,18E-06	7,44E-06	0,00027083	2,8429E-05
0,14	504	0,3581799	4,29E-06	5,69E-06	5,69E-06	1,22E-05	0,00050638	7,2683E-05
0,15	540	0,5878284	7,44E-06	9,59E-06	9,59E-06	1,91E-05	0,00089574	0,000171
0,16	576	0,9193926	1,22E-05	1,54E-05	1,54E-05	2,86E-05	0,00150915	0,00037395
0,17	612	1,3784408	1,91E-05	2,35E-05	2,35E-05	4,13E-05	0,00243542	0,00076661
0,18	648	1,9907305	2,86E-05	3,45E-05	3,45E-05	5,77E-05	0,0037824	0,00148376
0,19	684	2,7805679	4,13E-05	4,90E-05	4,90E-05	7,82E-05	0,00567622	0,00272773
0,2	720	3,7691185	5,77E-05	6,74E-05	6,74E-05	1,03E-04	0,00825938	0,00478777
0,21	756	4,9728099	7,82E-05	9,01E-05	9,01E-05	1,33E-04	0,01168748	0,00805923
0,22	792	6,4019578	1,03E-04	1,17E-04	1,17E-04	1,67E-04	0,01612498	0,01306053
0,23	828	8,059719	1,33E-04	1,49E-04	1,49E-04	2,06E-04	0,02174001	0,02044568
0,24	864	9,9414422	1,67E-04	1,86E-04	1,86E-04	2,49E-04	0,02869864	0,03101015
0,25	900	12,034451	2,06E-04	2,27E-04	2,27E-04	2,96E-04	0,03715882	0,04568829
0,26	936	14,318261	2,49E-04	2,72E-04	2,72E-04	3,47E-04	0,04726446	0,06554114
0,27	972	16,765194	2,96E-04	3,21E-04	3,21E-04	4,00E-04	0,05913977	0,09173423
0,28	1008	19,341337	3,46E-04	3,72E-04	3,72E-04	4,55E-04	0,07288435	0,12550569
0,29	1044	22,007775	3,99E-04	4,26E-04	4,26E-04	5,10E-04	0,0885691	0,16812618
0,3	1080	24,722	4,54E-04	4,81E-04	4,81E-04	5,65E-04	0,10623318	0,22085247
0,31	1116	27,439428	5,09E-04	5,37E-04	5,37E-04	6,20E-04	0,12588209	0,28487734
0,32	1152	30,114922	5,64E-04	5,91E-04	5,91E-04	6,72E-04	0,14748696	0,36127874
0,33	1188	32,704261	6,18E-04	6,44E-04	6,44E-04	7,21E-04	0,17098494	0,45097119
0,34	1224	35,165483	6,70E-04	6,95E-04	6,95E-04	7,67E-04	0,19628073	0,5546621
0,35	1260	37,460056	7,19E-04	7,42E-04	7,42E-04	8,08E-04	0,22324894	0,67281567
0,36	1296	39,553838	7,64E-04	7,85E-04	7,85E-04	8,44E-04	0,25173736	0,80562605
0,37	1332	41,417819	8,05E-04	8,23E-04	8,23E-04	8,74E-04	0,28157079	0,95300109
0,38	1368	43,028616	8,41E-04	8,56E-04	8,56E-04	8,98E-04	0,31255534	1,11455725
0,39	1404	44,368754	8,71E-04	8,83E-04	8,83E-04	9,17E-04	0,34448296	1,28962552
0,4	1440	45,42672	8,95E-04	9,05E-04	9,05E-04	9,29E-04	0,37713611	1,47726761
0,41	1476	46,196836	9,13E-04	9,20E-04	9,20E-04	9,35E-04	0,41029231	1,67630121
0,42	1512	46,678959	9,25E-04	9,28E-04	9,28E-04	9,35E-04	0,44372853	1,88533278
0,43	1548	46,878054	9,30E-04	9,31E-04	9,31E-04	9,28E-04	0,47722526	2,10279591
0,44	1584	46,803661	9,30E-04	9,28E-04	9,28E-04	9,17E-04	0,51057016	2,32699334
0,45	1620	46,469285	9,24E-04	9,19E-04	9,19E-04	9,00E-04	0,54356129	2,55614078
0,46	1656	45,891751	9,12E-04	9,04E-04	9,04E-04	8,79E-04	0,57600974	2,78841064
0,47	1692	45,090541	8,95E-04	8,85E-04	8,85E-04	8,53E-04	0,60774186	3,02197398
0,48	1728	44,087131	8,74E-04	8,61E-04	8,61E-04	8,24E-04	0,63860088	3,25503951
0,49	1764	42,904357	8,48E-04	8,34E-04	8,34E-04	7,91E-04	0,66844804	3,48588839
0,5	1800	41,565829	8,19E-04	8,03E-04	8,03E-04	7,56E-04	0,69716327	3,71290416
0,51	1836	40,095385	7,86E-04	7,69E-04	7,69E-04	7,18E-04	0,72464538	3,93459726
0,52	1872	38,516618	7,51E-04	7,33E-04	7,33E-04	6,79E-04	0,75081195	4,14962409
0,53	1908	36,852456	7,14E-04	6,95E-04	6,95E-04	6,39E-04	0,77559877	4,3568004
0,54	1944	35,124824	6,75E-04	6,55E-04	6,55E-04	5,98E-04	0,79895911	4,55510954
0,55	1980	33,354359	6,35E-04	6,15E-04	6,15E-04	5,57E-04	0,82086266	4,74370578
0,56	2016	31,560203	5,94E-04	5,74E-04	5,74E-04	5,16E-04	0,84129435	4,92191325
0,57	2052	29,759841	5,53E-04	5,33E-04	5,33E-04	4,75E-04	0,86025306	5,08922128
0,58	2088	27,969013	5,12E-04	4,92E-04	4,92E-04	4,35E-04	0,87775018	5,24527644
0,59	2124	26,201656	4,72E-04	4,52E-04	4,52E-04	3,96E-04	0,89380817	5,38987225
0,6	2160	24,469907	4,32E-04	4,13E-04	4,13E-04	3,58E-04	0,90845914	5,52293699
0,61	2196	22,784129	3,94E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,22E-04	0,92174339	5,64452029
0,62	2232	21,152976	3,56E-04	3,38E-04	3,38E-04	2,87E-04	0,93370805	5,75477894
0,63	2268	19,583477	3,20E-04	3,02E-04	3,02E-04	2,54E-04	0,94440576	5,85396247
0,64	2304	18,081143	2,85E-04	2,68E-04	2,68E-04	2,22E-04	0,95389346	5,94239886
0,65	2340	16,650081	2,52E-04	2,36E-04	2,36E-04	1,93E-04	0,96223123	6,02048068
0,66	2376	15,293123	2,21E-04	2,06E-04	2,06E-04	1,65E-04	0,9694813	6,08865196
0,67	2412	14,011958	1,91E-04	1,77E-04	1,77E-04	1,38E-04	0,9757071	6,14739598
0,68	2448	12,807258	1,63E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,14E-04	0,98097243	6,19722406
0,69	2484	11,678813	1,37E-04	1,25E-04	1,25E-04	9,11E-05	0,98534081	6,23866551
0,7	2520	10,625655	1,13E-04	1,01E-04	1,02E-04	7,01E-05	0,98887481	6,2722587
0,71	2556	9,6461735	9,04E-05	7,97E-05	7,98E-05	5,07E-05	0,99163555	6,29854335
0,72	2592	8,738233	6,95E-05	5,97E-05	5,97E-05	3,28E-05	0,9936823	6,31805387
0,73	2628	7,8992713	5,03E-05	4,12E-05	4,12E-05	1,65E-05	0,99507214	6,33131383

0,74	2664	7,1263956	3,26E-05	2,43E-05	2,43E-05	1,60E-06	0,99585966	6,33883144
0,75	2700	6,4164667	1,64E-05	8,77E-06	8,80E-06	-1,20E-05	0,99609682	6,34109597
0,76	2736	5,7661747	1,57E-06	-5,34E-06	-5,32E-06	-2,42E-05	0,99583279	6,33857492
0,77	2772	5,1721043	-1,19E-05	-1,82E-05	-1,81E-05	-3,53E-05	0,99511387	6,33171211
0,78	2808	4,6307929	-2,41E-05	-2,98E-05	-2,97E-05	-4,53E-05	0,99398345	6,32092624
0,79	2844	4,1387787	-3,51E-05	-4,02E-05	-4,02E-05	-5,43E-05	0,99248205	6,30661016
0,8	2880	3,6926421	-4,50E-05	-4,96E-05	-4,96E-05	-6,23E-05	0,99064734	6,28913054
0,81	2916	3,2890394	-5,39E-05	-5,80E-05	-5,80E-05	-6,95E-05	0,98851419	6,26882802
0,82	2952	2,92473	-6,19E-05	-6,56E-05	-6,55E-05	-7,58E-05	0,9861148	6,24601764
0,83	2988	2,5965976	-6,90E-05	-7,22E-05	-7,22E-05	-8,14E-05	0,98347876	6,2209895
0,84	3024	2,3016666	-7,53E-05	-7,82E-05	-7,82E-05	-8,64E-05	0,98063321	6,19400977
0,85	3060	2,0371134	-8,08E-05	-8,34E-05	-8,34E-05	-9,07E-05	0,97760294	6,16532169
0,86	3096	1,8002738	-8,57E-05	-8,80E-05	-8,80E-05	-9,44E-05	0,97441055	6,13514679
0,87	3132	1,5886473	-9,00E-05	-9,20E-05	-9,20E-05	-9,77E-05	0,97107655	6,10368615
0,88	3168	1,3998984	-9,38E-05	-9,55E-05	-9,55E-05	-1,01E-04	0,96761954	6,07112169
0,89	3204	1,2318551	-9,70E-05	-9,85E-05	-9,85E-05	-1,03E-04	0,96405631	6,03761751
0,9	3240	1,0825062	-9,98E-05	-1,01E-04	-1,01E-04	-1,05E-04	0,960402	6,00332116
0,91	3276	0,9499962	-1,02E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,07E-04	0,95667021	5,96836494
0,92	3312	0,8326198	-1,04E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,08E-04	0,95287314	5,93286713
0,93	3348	0,7288149	-1,06E-04	-1,07E-04	-1,07E-04	-1,09E-04	0,9490217	5,89693322
0,94	3384	0,6371553	-1,07E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,10E-04	0,94512563	5,86065697
0,95	3420	0,5563425	-1,08E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,11E-04	0,94119358	5,82412154
0,96	3456	0,4851984	-1,09E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,11E-04	0,93723326	5,78740045
0,97	3492	0,4226563	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,12E-04	0,93325149	5,75055854
0,98	3528	0,3677534	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,92925428	5,71365283
0,99	3564	0,3196225	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,92524696	5,67673331
1	3600	0,2774849	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,92123419	5,63984366
1,01	3636	0,2406424	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,91722008	5,60302197
1,02	3672	0,2084707	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,91320822	5,5663013
1,03	3708	0,1804126	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,12E-04	0,90920173	5,52971026
1,04	3744	0,155972	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	0,90520335	5,49327352
1,05	3780	0,1347077	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	0,90121544	5,45701224
1,06	3816	0,1162285	-1,11E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,11E-04	0,89724004	5,42094449
1,07	3852	0,1001879	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	0,89327891	5,38508563
1,08	3888	0,0862796	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	0,88933357	5,3494486
1,09	3924	0,0742333	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	0,8854053	5,31404428
1,1	3960	0,0638108	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	0,88149521	5,27888166
1,11	3996	0,0548027	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	0,87760422	5,24396815
1,12	4032	0,047025	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,07E-04	0,87373311	5,20930975
1,13	4068	0,0403164	-1,07E-04	-1,07E-04	-1,07E-04	-1,07E-04	0,86988253	5,17491122
1,14	4104	0,0345356	-1,07E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	0,86605301	5,14077629
1,15	4140	0,0295592	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	0,86224499	5,10690772
1,16	4176	0,0252791	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	0,85845881	5,07330753
1,17	4212	0,0216014	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,04E-04	0,85469476	5,03997699
1,18	4248	0,0184443	-1,04E-04	-1,04E-04	-1,04E-04	-1,04E-04	0,85095303	5,00691684
1,19	4284	0,0157363	-1,04E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	0,84723378	4,97412725
1,2	4320	0,0134157	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,02E-04	0,84353712	4,94160799
1,21	4356	0,0114287	-1,02E-04	-1,02E-04	-1,02E-04	-1,02E-04	0,8398631	4,90935847
1,22	4392	0,0097288	-1,02E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	0,83621175	4,87737773
1,23	4428	0,0082758	-1,01E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	0,83258306	4,84566646
1,24	4464	0,0070347	-1,00E-04	-1,00E-04	-1,00E-04	-9,99E-05	0,82897701	4,81421766
1,25	4500	0,0059756	-9,99E-05	-9,95E-05	-9,95E-05	-9,92E-05	0,82539353	4,78303527
1,26	4536	0,0050724	-9,92E-05	-9,89E-05	-9,89E-05	-9,86E-05	0,82183256	4,75211569
1,27	4572	0,0043028	-9,86E-05	-9,83E-05	-9,83E-05	-9,80E-05	0,81829399	4,721457
1,28	4608	0,0036475	-9,80E-05	-9,77E-05	-9,77E-05	-9,74E-05	0,81477774	4,69105719
1,29	4644	0,00309	-9,74E-05	-9,71E-05	-9,71E-05	-9,68E-05	0,81128368	4,66091417
1,3	4680	0,002616	-9,67E-05	-9,64E-05	-9,64E-05	-9,61E-05	0,80781169	4,63102575
1,31	4716	0,0022133	-9,61E-05	-9,58E-05	-9,58E-05	-9,55E-05	0,80436164	4,60138972
1,32	4752	0,0018714	-9,55E-05	-9,52E-05	-9,52E-05	-9,49E-05	0,80093338	4,57200381
1,33	4788	0,0015813	-9,49E-05	-9,46E-05	-9,46E-05	-9,43E-05	0,79752677	4,5428657
1,34	4824	0,0013354	-9,43E-05	-9,40E-05	-9,40E-05	-9,37E-05	0,79414166	4,51397309
1,35	4860	0,0011271	-9,37E-05	-9,34E-05	-9,34E-05	-9,31E-05	0,7907779	4,48532361
1,36	4896	0,0009506	-9,31E-05	-9,28E-05	-9,28E-05	-9,26E-05	0,78743534	4,45691494
1,37	4932	0,0008014	-9,26E-05	-9,23E-05	-9,23E-05	-9,20E-05	0,78411381	4,4287447
1,38	4968	0,0006752	-9,20E-05	-9,17E-05	-9,17E-05	-9,14E-05	0,78081315	4,40081056
1,39	5004	0,0005685	-9,14E-05	-9,11E-05	-9,11E-05	-9,08E-05	0,77753321	4,37311016
1,4	5040	0,0004784	-9,08E-05	-9,05E-05	-9,05E-05	-9,03E-05	0,77427383	4,34564118
1,41	5076	0,0004024	-9,03E-05	-9,00E-05	-9,00E-05	-8,97E-05	0,77103484	4,31840128
1,42	5112	0,0003383	-8,97E-05	-8,94E-05	-8,94E-05	-8,91E-05	0,76781608	4,29138817
1,43	5148	0,0002842	-8,91E-05	-8,89E-05	-8,89E-05	-8,86E-05	0,7646174	4,26459954
1,44	5184	0,0002387	-8,86E-05	-8,83E-05	-8,83E-05	-8,80E-05	0,76143862	4,23803313
1,45	5220	0,0002003	-8,80E-05	-8,77E-05	-8,77E-05	-8,75E-05	0,7582796	4,21168668
1,46	5256	0,000168	-8,75E-05	-8,72E-05	-8,72E-05	-8,69E-05	0,75514018	4,18555795
1,47	5292	0,0001409	-8,69E-05	-8,67E-05	-8,67E-05	-8,64E-05	0,75202019	4,15964474
1,48	5328	0,0001181	-8,64E-05	-8,61E-05	-8,61E-05	-8,59E-05	0,74891947	4,13394485
1,49	5364	9,889E-05	-8,59E-05	-8,56E-05	-8,56E-05	-8,53E-05	0,74583788	4,10845612
1,5	5400	8,279E-05	-8,53E-05	-8,51E-05	-8,51E-05	-8,48E-05	0,74277526	4,0831764
1,51	5436	6,928E-05	-8,48E-05	-8,45E-05	-8,46E-05	-8,43E-05	0,73973146	4,05810356
1,52	5472	5,795E-05	-8,43E-05	-8,40E-05	-8,40E-05	-8,38E-05	0,73670632	4,03323552
1,53	5508	4,844E-05	-8,38E-05	-8,35E-05	-8,35E-05	-8,33E-05	0,73369968	4,00857019

1,54	5544	4,048E-05	-8,33E-05	-8,30E-05	-8,30E-05	-8,28E-05	0,73071142	3,98410552
1,55	5580	3,381E-05	-8,28E-05	-8,25E-05	-8,25E-05	-8,23E-05	0,72774136	3,95983949
1,56	5616	2,823E-05	-8,22E-05	-8,20E-05	-8,20E-05	-8,18E-05	0,72478937	3,93577008
1,57	5652	2,356E-05	-8,18E-05	-8,15E-05	-8,15E-05	-8,13E-05	0,72185531	3,91189533
1,58	5688	1,965E-05	-8,13E-05	-8,10E-05	-8,10E-05	-8,08E-05	0,71893902	3,88821326
1,59	5724	1,638E-05	-8,08E-05	-8,05E-05	-8,05E-05	-8,03E-05	0,71604037	3,86472194
1,6	5760	1,365E-05	-8,03E-05	-8,00E-05	-8,00E-05	-7,98E-05	0,71315921	3,84141946
1,61	5796	1,138E-05	-7,98E-05	-7,95E-05	-7,96E-05	-7,93E-05	0,7102954	3,81830393
1,62	5832	9,472E-06	-7,93E-05	-7,91E-05	-7,91E-05	-7,88E-05	0,7074488	3,79537348
1,63	5868	7,884E-06	-7,88E-05	-7,86E-05	-7,86E-05	-7,84E-05	0,70461929	3,77262625
1,64	5904	6,56E-06	-7,84E-05	-7,81E-05	-7,81E-05	-7,79E-05	0,70180671	3,75006044
1,65	5940	5,456E-06	-7,79E-05	-7,77E-05	-7,77E-05	-7,74E-05	0,69901094	3,72767423
1,66	5976	4,536E-06	-7,74E-05	-7,72E-05	-7,72E-05	-7,70E-05	0,69623184	3,70546584
1,67	6012	3,77E-06	-7,70E-05	-7,67E-05	-7,67E-05	-7,65E-05	0,69346928	3,68343351
1,68	6048	3,132E-06	-7,65E-05	-7,63E-05	-7,63E-05	-7,61E-05	0,69072313	3,66157551
1,69	6084	2,601E-06	-7,61E-05	-7,58E-05	-7,58E-05	-7,56E-05	0,68799326	3,6398901
1,7	6120	2,159E-06	-7,56E-05	-7,54E-05	-7,54E-05	-7,52E-05	0,68527954	3,61837559
1,71	6156	1,791E-06	-7,52E-05	-7,49E-05	-7,49E-05	-7,47E-05	0,68258185	3,5970303
1,72	6192	1,486E-06	-7,47E-05	-7,45E-05	-7,45E-05	-7,43E-05	0,67990005	3,57585257
1,73	6228	1,232E-06	-7,43E-05	-7,41E-05	-7,41E-05	-7,38E-05	0,67723403	3,55484077
1,74	6264	1,021E-06	-7,38E-05	-7,36E-05	-7,36E-05	-7,34E-05	0,67458366	3,53399326
1,75	6300	8,461E-07	-7,34E-05	-7,32E-05	-7,32E-05	-7,30E-05	0,67194881	3,51330844
1,76	6336	7,008E-07	-7,30E-05	-7,28E-05	-7,28E-05	-7,25E-05	0,66932937	3,49278474
1,77	6372	5,803E-07	-7,25E-05	-7,23E-05	-7,23E-05	-7,21E-05	0,66672522	3,47242058
1,78	6408	4,803E-07	-7,21E-05	-7,19E-05	-7,19E-05	-7,17E-05	0,66413624	3,45221442
1,79	6444	3,974E-07	-7,17E-05	-7,15E-05	-7,15E-05	-7,13E-05	0,66156231	3,43216474
1,8	6480	3,287E-07	-7,13E-05	-7,11E-05	-7,11E-05	-7,09E-05	0,65900331	3,41227001
1,81	6516	2,718E-07	-7,09E-05	-7,07E-05	-7,07E-05	-7,05E-05	0,65645913	3,39252874
1,82	6552	2,247E-07	-7,05E-05	-7,03E-05	-7,03E-05	-7,01E-05	0,65392966	3,37293946
1,83	6588	1,857E-07	-7,01E-05	-6,99E-05	-6,99E-05	-6,97E-05	0,65141478	3,35350071
1,84	6624	1,534E-07	-6,97E-05	-6,95E-05	-6,95E-05	-6,93E-05	0,64891438	3,33421105
1,85	6660	1,267E-07	-6,93E-05	-6,91E-05	-6,91E-05	-6,89E-05	0,64642834	3,31506904
1,86	6696	1,046E-07	-6,89E-05	-6,87E-05	-6,87E-05	-6,85E-05	0,64395657	3,29607328
1,87	6732	8,629E-08	-6,85E-05	-6,83E-05	-6,83E-05	-6,81E-05	0,64149894	3,27722237
1,88	6768	7,119E-08	-6,81E-05	-6,79E-05	-6,79E-05	-6,77E-05	0,63905536	3,25851494
1,89	6804	5,872E-08	-6,77E-05	-6,75E-05	-6,75E-05	-6,73E-05	0,63662571	3,23994963
1,9	6840	4,842E-08	-6,73E-05	-6,71E-05	-6,71E-05	-6,69E-05	0,6342099	3,22152508
1,91	6876	3,991E-08	-6,69E-05	-6,67E-05	-6,67E-05	-6,65E-05	0,63180781	3,20323996
1,92	6912	3,289E-08	-6,65E-05	-6,63E-05	-6,63E-05	-6,62E-05	0,62941933	3,18509297
1,93	6948	2,709E-08	-6,62E-05	-6,60E-05	-6,60E-05	-6,58E-05	0,62704438	3,16708279
1,94	6984	2,231E-08	-6,58E-05	-6,56E-05	-6,56E-05	-6,54E-05	0,62468285	3,14920814
1,95	7020	1,837E-08	-6,54E-05	-6,52E-05	-6,52E-05	-6,50E-05	0,62233463	3,13146774
1,96	7056	1,512E-08	-6,50E-05	-6,49E-05	-6,49E-05	-6,47E-05	0,61999962	3,11386035
1,97	7092	1,244E-08	-6,47E-05	-6,45E-05	-6,45E-05	-6,43E-05	0,61767774	3,09638471
1,98	7128	1,023E-08	-6,43E-05	-6,41E-05	-6,41E-05	-6,40E-05	0,61536887	3,07903959
1,99	7164	8,417E-09	-6,40E-05	-6,38E-05	-6,38E-05	-6,36E-05	0,61307292	3,06182379
2	7200	6,92E-09	-6,36E-05	-6,34E-05	-6,34E-05	-6,32E-05	0,6107898	3,04473609
2,01	7236	5,688E-09	-6,32E-05	-6,31E-05	-6,31E-05	-6,29E-05	0,60851941	3,02777531
2,02	7272	4,674E-09	-6,29E-05	-6,27E-05	-6,27E-05	-6,25E-05	0,60626165	3,01094027
2,03	7308	3,84E-09	-6,25E-05	-6,24E-05	-6,24E-05	-6,22E-05	0,60401644	2,99422298
2,04	7344	3,154E-09	-6,22E-05	-6,20E-05	-6,20E-05	-6,18E-05	0,60178367	2,97764276
2,05	7380	2,59E-09	-6,18E-05	-6,17E-05	-6,17E-05	-6,15E-05	0,59956326	2,96117801
2,06	7416	2,126E-09	-6,15E-05	-6,13E-05	-6,13E-05	-6,12E-05	0,59735512	2,94483443
2,07	7452	1,744E-09	-6,12E-05	-6,10E-05	-6,10E-05	-6,08E-05	0,59515916	2,9286109
2,08	7488	1,431E-09	-6,08E-05	-6,07E-05	-6,07E-05	-6,05E-05	0,59297528	2,91250632
2,09	7524	1,174E-09	-6,05E-05	-6,03E-05	-6,03E-05	-6,02E-05	0,5908034	2,8965196
2,1	7560	9,628E-10	-6,02E-05	-6,00E-05	-6,00E-05	-5,98E-05	0,58864343	2,88064968
2,11	7596	7,893E-10	-5,98E-05	-5,97E-05	-5,97E-05	-5,95E-05	0,58649528	2,86489547
2,12	7632	6,47E-10	-5,95E-05	-5,93E-05	-5,93E-05	-5,92E-05	0,58435888	2,84925594
2,13	7668	5,302E-10	-5,92E-05	-5,90E-05	-5,90E-05	-5,89E-05	0,58223412	2,83373003
2,14	7704	4,343E-10	-5,89E-05	-5,87E-05	-5,87E-05	-5,85E-05	0,58012093	2,81831672
2,15	7740	3,558E-10	-5,85E-05	-5,84E-05	-5,84E-05	-5,82E-05	0,57801923	2,80301499
2,16	7776	2,913E-10	-5,82E-05	-5,81E-05	-5,81E-05	-5,79E-05	0,57592892	2,78782384
2,17	7812	2,385E-10	-5,79E-05	-5,77E-05	-5,77E-05	-5,76E-05	0,57384994	2,77274226
2,18	7848	1,952E-10	-5,76E-05	-5,74E-05	-5,74E-05	-5,73E-05	0,57178219	2,75776926
2,19	7884	1,597E-10	-5,73E-05	-5,71E-05	-5,71E-05	-5,70E-05	0,56972559	2,74290388
2,2	7920	1,307E-10	-5,70E-05	-5,68E-05	-5,68E-05	-5,67E-05	0,56768008	2,72814515
2,21	7956	1,069E-10	-5,67E-05	-5,65E-05	-5,65E-05	-5,64E-05	0,56564556	2,71349211
2,22	7992	8,742E-11	-5,64E-05	-5,62E-05	-5,62E-05	-5,61E-05	0,56362195	2,69894382
2,23	8028	7,147E-11	-5,61E-05	-5,59E-05	-5,59E-05	-5,58E-05	0,56160919	2,68449935
2,24	8064	5,842E-11	-5,58E-05	-5,56E-05	-5,56E-05	-5,55E-05	0,55960719	2,67015776
2,25	8100	4,775E-11	-5,55E-05	-5,53E-05	-5,53E-05	-5,52E-05	0,55761588	2,65591816
2,26	8136	3,901E-11	-5,52E-05	-5,50E-05	-5,50E-05	-5,49E-05	0,55563517	2,64177962
2,27	8172	3,187E-11	-5,49E-05	-5,47E-05	-5,47E-05	-5,46E-05	0,553665	2,62774126
2,28	8208	2,603E-11	-5,46E-05	-5,44E-05	-5,44E-05	-5,43E-05	0,55170529	2,61380218
2,29	8244	2,125E-11	-5,43E-05	-5,41E-05	-5,41E-05	-5,40E-05	0,54975597	2,59996153
2,3	8280	1,735E-11	-5,40E-05	-5,39E-05	-5,39E-05	-5,37E-05	0,54781696	2,58621841

Tableau III-3 : résultat de calcul pour B = 5m

T (h)	T (s)	Qe (m3/s)	K1	K2	K3	K4	h (m)	Qs (m3/s)
0	0	0					0	0
0,01	36	3,83103E-12	0,00E+00	5,05E-20	5,05E-20	1,11E-13	6,64499E-13	5,7584E-18
0,02	72	5,33189E-09	7,96E-17	5,61E-15	5,61E-15	6,89E-12	4,21336E-11	2,9074E-15
0,03	108	3,31662E-07	1,11E-13	1,09E-12	1,09E-12	1,20E-10	7,89222E-10	2,357E-13
0,04	144	5,77955E-06	6,89E-12	3,21E-11	3,21E-11	1,04E-09	7,85238E-09	7,3971E-12
0,05	180	5,01521E-05	1,20E-10	3,78E-10	3,78E-10	5,82E-09	5,25443E-08	1,2804E-10
0,06	216	0,000279999	1,04E-09	2,57E-09	2,57E-09	2,40E-08	2,64279E-07	1,4443E-09
0,07	252	0,001153054	5,82E-09	1,22E-08	1,22E-08	5,82E-08	1,06526E-06	1,1688E-08
0,08	288	0,003800161	2,40E-08	4,45E-08	4,45E-08	2,19E-07	3,59454E-06	7,2448E-08
0,09	324	0,010564908	7,89E-08	1,34E-07	1,34E-07	5,33E-07	1,04872E-05	3,6104E-07
0,1	360	0,025682974	2,19E-07	3,47E-07	3,47E-07	1,16E-06	2,71194E-05	1,5013E-06
0,11	396	0,056010651	5,33E-07	7,97E-07	7,97E-07	2,32E-06	6,33766E-05	5,3636E-06
0,12	432	0,111675909	1,16E-06	1,66E-06	1,66E-06	4,29E-06	0,000135919	1,6845E-05
0,13	468	0,206515508	2,32E-06	3,18E-06	3,18E-06	7,44E-06	0,000270819	4,7378E-05
0,14	504	0,358179867	4,29E-06	5,69E-06	5,69E-06	1,22E-05	0,00050635	0,00012113
0,15	540	0,587828413	7,44E-06	9,59E-06	9,59E-06	1,91E-05	0,00089565	0,00028495
0,16	576	0,919392583	1,22E-05	1,53E-05	1,53E-05	2,86E-05	0,001508933	0,00062311
0,17	612	1,37844084	1,91E-05	2,35E-05	2,35E-05	4,13E-05	0,002434939	0,0012773
0,18	648	1,990730479	2,86E-05	3,45E-05	3,45E-05	5,77E-05	0,003781385	0,00247194
0,19	684	2,780567874	4,13E-05	4,90E-05	4,90E-05	7,82E-05	0,00567421	0,0045438
0,2	720	3,769118465	5,77E-05	6,74E-05	6,74E-05	1,03E-04	0,008255567	0,00797409
0,21	756	4,972809866	7,81E-05	9,00E-05	9,00E-05	1,33E-04	0,011680573	0,01342014
0,22	792	6,401957806	1,03E-04	1,17E-04	1,17E-04	1,67E-04	0,016112963	0,02174322
0,23	828	8,05971904	1,33E-04	1,49E-04	1,49E-04	2,06E-04	0,02171986	0,03402877
0,24	864	9,941442191	1,67E-04	1,86E-04	1,86E-04	2,49E-04	0,028665961	0,05159534
0,25	900	12,03445124	2,05E-04	2,26E-04	2,26E-04	2,96E-04	0,037107434	0,07598924
0,26	936	14,31826111	2,48E-04	2,71E-04	2,71E-04	3,46E-04	0,047185891	0,10896298
0,27	972	16,76519362	2,95E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,99E-04	0,05902273	0,15243675
0,28	1008	19,341337	3,45E-04	3,71E-04	3,71E-04	4,53E-04	0,072714147	0,20844386
0,29	1044	22,00777488	3,97E-04	4,24E-04	4,24E-04	5,08E-04	0,088327029	0,27906231
0,3	1080	24,7220003	4,51E-04	4,79E-04	4,79E-04	5,62E-04	0,105895923	0,366336
0,31	1116	27,43942809	5,06E-04	5,33E-04	5,33E-04	6,16E-04	0,125421155	0,47219016
0,32	1152	30,1149219	5,60E-04	5,87E-04	5,87E-04	6,67E-04	0,146868155	0,59834574
0,33	1188	32,70426093	6,13E-04	6,39E-04	6,39E-04	7,15E-04	0,170167949	0,74623805
0,34	1224	35,16548318	6,64E-04	6,88E-04	6,88E-04	7,59E-04	0,195218746	0,91694444
0,35	1260	37,46005582	7,11E-04	7,34E-04	7,34E-04	7,99E-04	0,221888483	1,11112491
0,36	1296	39,55383843	7,55E-04	7,75E-04	7,75E-04	8,33E-04	0,250018189	1,3289791
0,37	1332	41,41781905	7,94E-04	8,12E-04	8,12E-04	8,61E-04	0,279425976	1,57022146
0,38	1368	43,02861647	8,28E-04	8,42E-04	8,42E-04	8,84E-04	0,309911478	1,83407561
0,39	1404	44,36875413	8,56E-04	8,67E-04	8,67E-04	9,00E-04	0,341260547	2,11928745
0,4	1440	45,42672013	8,78E-04	8,86E-04	8,86E-04	9,09E-04	0,373250036	2,42415581
0,41	1476	46,19683562	8,93E-04	8,99E-04	8,99E-04	9,13E-04	0,405652502	2,74657828
0,42	1512	46,67895877	9,03E-04	9,05E-04	9,05E-04	9,10E-04	0,438240694	3,08410955
0,43	1548	46,87805447	9,06E-04	9,05E-04	9,05E-04	9,01E-04	0,470791702	3,43402887
0,44	1584	46,803661	9,02E-04	8,99E-04	8,99E-04	8,86E-04	0,503090687	3,79341328
0,45	1620	46,46928469	8,93E-04	8,87E-04	8,87E-04	8,67E-04	0,534934121	4,15921331
0,46	1656	45,89175141	8,79E-04	8,70E-04	8,70E-04	8,42E-04	0,566132496	4,52832792
0,47	1692	45,09054142	8,59E-04	8,48E-04	8,48E-04	8,14E-04	0,596512483	4,89767596
0,48	1728	44,08713055	8,35E-04	8,21E-04	8,21E-04	7,82E-04	0,62591856	5,2642619
0,49	1764	42,90435693	8,06E-04	7,91E-04	7,91E-04	7,46E-04	0,654214094	5,62523392
0,5	1800	41,56582889	7,74E-04	7,57E-04	7,57E-04	7,09E-04	0,681281948	5,97793331
0,51	1836	40,09538548	7,39E-04	7,21E-04	7,21E-04	6,69E-04	0,707024631	6,31993424
0,52	1872	38,5166178	7,02E-04	6,82E-04	6,82E-04	6,27E-04	0,731364048	6,64907382
0,53	1908	36,85245596	6,62E-04	6,41E-04	6,42E-04	5,85E-04	0,754240907	6,96347255
0,54	1944	35,12482357	6,21E-04	6,00E-04	6,00E-04	5,42E-04	0,775613843	7,26154563
0,55	1980	33,3543592	5,79E-04	5,57E-04	5,58E-04	4,99E-04	0,795458304	7,54200599
0,56	2016	31,56020258	5,36E-04	5,15E-04	5,15E-04	4,56E-04	0,813765269	7,80385999
0,57	2052	29,75984127	4,93E-04	4,72E-04	4,72E-04	4,14E-04	0,830539837	8,0463968
0,58	2088	27,96901276	4,51E-04	4,30E-04	4,30E-04	3,72E-04	0,845799736	8,26917268
0,59	2124	26,20165619	4,09E-04	3,89E-04	3,89E-04	3,32E-04	0,859573808	8,47199135
0,6	2160	24,46990716	3,68E-04	3,48E-04	3,48E-04	2,93E-04	0,871900479	8,65488133
0,61	2196	22,78412932	3,28E-04	3,09E-04	3,09E-04	2,56E-04	0,882826272	8,81807151
0,62	2232	21,15297624	2,90E-04	2,71E-04	2,71E-04	2,21E-04	0,892404376	8,96196575
0,63	2268	19,58347746	2,53E-04	2,35E-04	2,35E-04	1,87E-04	0,900693285	9,08711722
0,64	2304	18,08114294	2,18E-04	2,01E-04	2,01E-04	1,55E-04	0,907755538	9,19420333
0,65	2340	16,65008077	1,85E-04	1,68E-04	1,69E-04	1,25E-04	0,913656559	9,28400162
0,66	2376	15,29312329	1,53E-04	1,38E-04	1,38E-04	9,66E-05	0,918463599	9,35736707
0,67	2412	14,01195774	1,23E-04	1,09E-04	1,09E-04	7,04E-05	0,922244805	9,41521127
0,68	2448	12,8072578	9,55E-05	8,22E-05	8,23E-05	4,61E-05	0,925068391	9,45848339
0,69	2484	11,67881312	6,96E-05	5,72E-05	5,73E-05	2,36E-05	0,92700192	9,48815332
0,7	2520	10,6256546	4,55E-05	3,41E-05	3,42E-05	2,89E-06	0,9281117	9,50519683
0,71	2556	9,646173517	2,33E-05	1,28E-05	1,28E-05	-1,61E-05	0,928462273	9,5105829
0,72	2592	8,738233023	2,82E-06	-6,81E-06	-6,76E-06	-3,34E-05	0,928116002	9,50526291
0,73	2628	7,899271302	-1,59E-05	-2,47E-05	-2,47E-05	-4,91E-05	0,927132743	9,49016191
0,74	2664	7,126395565	-3,30E-05	-4,10E-05	-4,10E-05	-6,34E-05	0,925569598	9,46617141
0,75	2700	6,416466722	-4,86E-05	-5,59E-05	-5,58E-05	-7,62E-05	0,923480733	9,43414401

0,76	2736	5,766174656	-6,27E-05	-6,92E-05	-6,92E-05	-8,77E-05	0,920917265	9,39488927
0,77	2772	5,172104307	-7,54E-05	-8,13E-05	-8,12E-05	-9,80E-05	0,917927198	9,34917093
0,78	2808	4,63079288	-8,68E-05	-9,20E-05	-9,20E-05	-1,07E-04	0,914555407	9,29770528
0,79	2844	4,138778678	-9,69E-05	-1,02E-04	-1,02E-04	-1,15E-04	0,910843664	9,24116035
0,8	2880	3,692642095	-1,06E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,22E-04	0,906830694	9,18015599
0,81	2916	3,289039402	-1,14E-04	-1,18E-04	-1,18E-04	-1,29E-04	0,902552258	9,11526458
0,82	2952	2,92472997	-1,21E-04	-1,24E-04	-1,24E-04	-1,34E-04	0,898041259	9,04701225
0,83	2988	2,5965976	-1,27E-04	-1,30E-04	-1,30E-04	-1,39E-04	0,893327862	8,97588051
0,84	3024	2,301666619	-1,33E-04	-1,35E-04	-1,35E-04	-1,43E-04	0,888439631	8,90230825
0,85	3060	2,037113375	-1,37E-04	-1,39E-04	-1,39E-04	-1,46E-04	0,883401666	8,82669386
0,86	3096	1,800273756	-1,41E-04	-1,43E-04	-1,43E-04	-1,49E-04	0,878236752	8,74939764
0,87	3132	1,588647289	-1,44E-04	-1,46E-04	-1,46E-04	-1,51E-04	0,87296551	8,67074415
0,88	3168	1,399898372	-1,47E-04	-1,48E-04	-1,48E-04	-1,53E-04	0,867606541	8,59102473
0,89	3204	1,231855104	-1,49E-04	-1,50E-04	-1,50E-04	-1,54E-04	0,862176575	8,51049991
0,9	3240	1,082506176	-1,51E-04	-1,52E-04	-1,52E-04	-1,55E-04	0,856690614	8,42940182
0,91	3276	0,949996196	-1,53E-04	-1,53E-04	-1,53E-04	-1,56E-04	0,851162071	8,34793651
0,92	3312	0,83261981	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,57E-04	0,8456029	8,26628622
0,93	3348	0,72881492	-1,54E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,57E-04	0,840023722	8,18461149
0,94	3384	0,637155255	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,57E-04	0,834433945	8,10305316
0,95	3420	0,556342536	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,57E-04	0,828841877	8,02173428
0,96	3456	0,485198405	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,56E-04	0,823254828	7,94076187
0,97	3492	0,422656295	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,56E-04	0,817679205	7,86022853
0,98	3528	0,367753352	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,55E-04	0,812120608	7,78021395
0,99	3564	0,319622531	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,54E-04	-1,54E-04	0,806583908	7,70078632
1	3600	0,27748493	-1,53E-04	-1,53E-04	-1,53E-04	-1,53E-04	0,801073322	7,62200354
1,01	3636	0,240642433	-1,53E-04	-1,52E-04	-1,52E-04	-1,52E-04	0,795592488	7,54391444
1,02	3672	0,208470717	-1,52E-04	-1,51E-04	-1,51E-04	-1,51E-04	0,790144523	7,46655974
1,03	3708	0,180412626	-1,51E-04	-1,50E-04	-1,50E-04	-1,50E-04	0,784732083	7,38997308
1,04	3744	0,155971958	-1,50E-04	-1,49E-04	-1,49E-04	-1,49E-04	0,779357415	7,3141818
1,05	3780	0,134707667	-1,49E-04	-1,48E-04	-1,48E-04	-1,48E-04	0,774022403	7,23920774
1,06	3816	0,116228472	-1,48E-04	-1,47E-04	-1,47E-04	-1,47E-04	0,768728612	7,16506792
1,07	3852	0,100187872	-1,46E-04	-1,46E-04	-1,46E-04	-1,46E-04	0,763477325	7,09177516
1,08	3888	0,086279567	-1,45E-04	-1,45E-04	-1,45E-04	-1,44E-04	0,758269578	7,01933859
1,09	3924	0,074233253	-1,44E-04	-1,43E-04	-1,43E-04	-1,43E-04	0,753106189	6,94776417
1,1	3960	0,063810789	-1,43E-04	-1,42E-04	-1,42E-04	-1,42E-04	0,747987789	6,87705512
1,11	3996	0,054802702	-1,42E-04	-1,41E-04	-1,41E-04	-1,40E-04	0,74291484	6,80721227
1,12	4032	0,047025022	-1,40E-04	-1,40E-04	-1,40E-04	-1,39E-04	0,737887662	6,73823442
1,13	4068	0,040316424	-1,39E-04	-1,38E-04	-1,38E-04	-1,38E-04	0,732906449	6,67011864
1,14	4104	0,034535643	-1,38E-04	-1,37E-04	-1,37E-04	-1,37E-04	0,72797129	6,60286049
1,15	4140	0,029559158	-1,36E-04	-1,36E-04	-1,36E-04	-1,35E-04	0,723082178	6,5364543
1,16	4176	0,025279111	-1,35E-04	-1,35E-04	-1,35E-04	-1,34E-04	0,718239026	6,47089335
1,17	4212	0,021601446	-1,34E-04	-1,33E-04	-1,33E-04	-1,33E-04	0,71344168	6,40617001
1,18	4248	0,018444255	-1,33E-04	-1,32E-04	-1,32E-04	-1,31E-04	0,708689927	6,34227593
1,19	4284	0,015736292	-1,31E-04	-1,31E-04	-1,31E-04	-1,30E-04	0,703983504	6,27920218
1,2	4320	0,013415671	-1,30E-04	-1,29E-04	-1,29E-04	-1,29E-04	0,699322106	6,21693932
1,21	4356	0,011428692	-1,29E-04	-1,28E-04	-1,28E-04	-1,28E-04	0,694705395	6,15547753
1,22	4392	0,009728821	-1,28E-04	-1,27E-04	-1,27E-04	-1,26E-04	0,690133002	6,0948067
1,23	4428	0,008275775	-1,26E-04	-1,26E-04	-1,26E-04	-1,25E-04	0,685604533	6,03491648
1,24	4464	0,007034723	-1,25E-04	-1,25E-04	-1,25E-04	-1,24E-04	0,681119577	5,97579634
1,25	4500	0,005975581	-1,24E-04	-1,23E-04	-1,23E-04	-1,23E-04	0,676677706	5,91743567
1,26	4536	0,005072395	-1,23E-04	-1,22E-04	-1,22E-04	-1,22E-04	0,672278478	5,85982378
1,27	4572	0,004302792	-1,22E-04	-1,21E-04	-1,21E-04	-1,20E-04	0,667921444	5,80294994
1,28	4608	0,003647513	-1,20E-04	-1,20E-04	-1,20E-04	-1,19E-04	0,663606147	5,74680344
1,29	4644	0,003089989	-1,19E-04	-1,19E-04	-1,19E-04	-1,18E-04	0,659332122	5,69137361
1,3	4680	0,002615983	-1,18E-04	-1,18E-04	-1,18E-04	-1,17E-04	0,655098906	5,63664982
1,31	4716	0,002213275	-1,17E-04	-1,16E-04	-1,16E-04	-1,16E-04	0,65090603	5,58262152
1,32	4752	0,001871382	-1,16E-04	-1,15E-04	-1,15E-04	-1,15E-04	0,646753026	5,52927828
1,33	4788	0,001581322	-1,15E-04	-1,14E-04	-1,14E-04	-1,14E-04	0,642639428	5,47660973
1,34	4824	0,001335405	-1,14E-04	-1,13E-04	-1,13E-04	-1,13E-04	0,638564768	5,42460567
1,35	4860	0,001127052	-1,13E-04	-1,12E-04	-1,12E-04	-1,12E-04	0,634528585	5,37325597
1,36	4896	0,000950644	-1,12E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	0,630530417	5,32255069
1,37	4932	0,000801379	-1,11E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	0,626569808	5,27247998
1,38	4968	0,000675162	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,09E-04	-1,08E-04	0,622646306	5,22303417
1,39	5004	0,000568502	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,07E-04	0,618759462	5,17420371
1,4	5040	0,000478424	-1,07E-04	-1,07E-04	-1,07E-04	-1,06E-04	0,614908833	5,12597921
1,41	5076	0,000402397	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,05E-04	0,61109398	5,07835143
1,42	5112	0,000338267	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	0,60731447	5,03131127
1,43	5148	0,000284206	-1,04E-04	-1,04E-04	-1,04E-04	-1,04E-04	0,603569875	4,9848498
1,44	5184	0,000238658	-1,04E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	0,599859773	4,93895821
1,45	5220	0,000200306	-1,03E-04	-1,02E-04	-1,02E-04	-1,02E-04	0,596183746	4,89362786
1,46	5256	0,00016803	-1,02E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	-1,01E-04	0,592541382	4,84885025
1,47	5292	0,000140884	-1,01E-04	-1,00E-04	-1,00E-04	-9,98E-05	0,588932275	4,80461703
1,48	5328	0,000118064	-9,98E-05	-9,93E-05	-9,93E-05	-9,89E-05	0,585356025	4,76091999
1,49	5364	9,88919E-05	-9,89E-05	-9,84E-05	-9,84E-05	-9,80E-05	0,581812238	4,71775106
1,5	5400	8,27926E-05	-9,80E-05	-9,75E-05	-9,75E-05	-9,71E-05	0,578300522	4,67510231
1,51	5436	6,9281E-05	-9,71E-05	-9,67E-05	-9,67E-05	-9,62E-05	0,574820495	4,63296596
1,52	5472	5,7947E-05	-9,62E-05	-9,58E-05	-9,58E-05	-9,54E-05	0,571371777	4,59133435
1,53	5508	4,84446E-05	-9,54E-05	-9,49E-05	-9,49E-05	-9,45E-05	0,567953996	4,55019997
1,54	5544	4,04817E-05	-9,45E-05	-9,41E-05	-9,41E-05	-9,37E-05	0,564566784	4,50955542
1,55	5580	3,38122E-05	-9,37E-05	-9,32E-05	-9,33E-05	-9,28E-05	0,561209778	4,46939344

1,56	5616	2,82289E-05	-9,28E-05	-9,24E-05	-9,24E-05	-9,20E-05	0,557882622	4,42970692
1,57	5652	2,35571E-05	-9,20E-05	-9,16E-05	-9,16E-05	-9,12E-05	0,554584962	4,39048883
1,58	5688	1,96498E-05	-9,12E-05	-9,08E-05	-9,08E-05	-9,04E-05	0,551316451	4,3517323
1,59	5724	1,63835E-05	-9,04E-05	-9,00E-05	-9,00E-05	-8,96E-05	0,548076749	4,31343056
1,6	5760	1,36544E-05	-8,96E-05	-8,92E-05	-8,92E-05	-8,88E-05	0,544865517	4,27557696
1,61	5796	1,1375E-05	-8,88E-05	-8,84E-05	-8,84E-05	-8,80E-05	0,541682423	4,23816498
1,62	5832	9,47221E-06	-8,80E-05	-8,76E-05	-8,76E-05	-8,73E-05	0,538527139	4,20118818
1,63	5868	7,88445E-06	-8,73E-05	-8,69E-05	-8,69E-05	-8,65E-05	0,535399344	4,16464028
1,64	5904	6,56018E-06	-8,65E-05	-8,61E-05	-8,61E-05	-8,58E-05	0,532298718	4,12851507
1,65	5940	5,45613E-06	-8,58E-05	-8,54E-05	-8,54E-05	-8,50E-05	0,529224949	4,09280645
1,66	5976	4,53609E-06	-8,50E-05	-8,46E-05	-8,46E-05	-8,43E-05	0,526177726	4,05750845
1,67	6012	3,76972E-06	-8,43E-05	-8,39E-05	-8,39E-05	-8,36E-05	0,523156746	4,02261517
1,68	6048	3,13161E-06	-8,36E-05	-8,32E-05	-8,32E-05	-8,28E-05	0,520161707	3,98812084
1,69	6084	2,60052E-06	-8,28E-05	-8,25E-05	-8,25E-05	-8,21E-05	0,517192314	3,95401977
1,7	6120	2,15868E-06	-8,21E-05	-8,18E-05	-8,18E-05	-8,14E-05	0,514248275	3,92030638
1,71	6156	1,79124E-06	-8,14E-05	-8,11E-05	-8,11E-05	-8,07E-05	0,511329302	3,88697516
1,72	6192	1,4858E-06	-8,07E-05	-8,04E-05	-8,04E-05	-8,01E-05	0,508435112	3,85402072
1,73	6228	1,23199E-06	-8,01E-05	-7,97E-05	-7,97E-05	-7,94E-05	0,505565424	3,82143776
1,74	6264	1,02116E-06	-7,94E-05	-7,90E-05	-7,90E-05	-7,87E-05	0,502719963	3,78922105
1,75	6300	8,46118E-07	-7,87E-05	-7,84E-05	-7,84E-05	-7,80E-05	0,499898458	3,75736546
1,76	6336	7,0083E-07	-7,80E-05	-7,77E-05	-7,77E-05	-7,74E-05	0,497100639	3,72586594
1,77	6372	5,80287E-07	-7,74E-05	-7,71E-05	-7,71E-05	-7,67E-05	0,494326242	3,69417154
1,78	6408	4,80312E-07	-7,67E-05	-7,64E-05	-7,64E-05	-7,61E-05	0,491575007	3,66391538
1,79	6444	3,97426E-07	-7,61E-05	-7,58E-05	-7,58E-05	-7,55E-05	0,488846677	3,63345466
1,8	6480	3,28732E-07	-7,55E-05	-7,52E-05	-7,52E-05	-7,48E-05	0,486140999	3,60333065
1,81	6516	2,71821E-07	-7,48E-05	-7,45E-05	-7,45E-05	-7,42E-05	0,483457721	3,57353873
1,82	6552	2,24689E-07	-7,42E-05	-7,39E-05	-7,39E-05	-7,36E-05	0,480796598	3,54340743
1,83	6588	1,85668E-07	-7,36E-05	-7,33E-05	-7,33E-05	-7,30E-05	0,478157386	3,51493296
1,84	6624	1,53375E-07	-7,30E-05	-7,27E-05	-7,27E-05	-7,24E-05	0,475539845	3,4861102
1,85	6660	1,26658E-07	-7,24E-05	-7,21E-05	-7,21E-05	-7,18E-05	0,47294374	3,45760171
1,86	6696	1,04562E-07	-7,18E-05	-7,15E-05	-7,15E-05	-7,12E-05	0,470368835	3,42940323
1,87	6732	8,62932E-08	-7,12E-05	-7,09E-05	-7,09E-05	-7,07E-05	0,467814902	3,40151054
1,88	6768	7,11947E-08	-7,07E-05	-7,04E-05	-7,04E-05	-7,01E-05	0,465281713	3,37391952
1,89	6804	5,87199E-08	-7,01E-05	-6,98E-05	-6,98E-05	-6,95E-05	0,462769044	3,3466261
1,9	6840	4,84164E-08	-6,95E-05	-6,92E-05	-6,92E-05	-6,90E-05	0,460276674	3,31962627
1,91	6876	3,99088E-08	-6,90E-05	-6,87E-05	-6,87E-05	-6,84E-05	0,457804385	3,2929161
1,92	6912	3,28865E-08	-6,84E-05	-6,81E-05	-6,81E-05	-6,78E-05	0,455351962	3,26649172
1,93	6948	2,70918E-08	-6,78E-05	-6,76E-05	-6,76E-05	-6,73E-05	0,452919192	3,2403493
1,94	6984	2,23117E-08	-6,73E-05	-6,70E-05	-6,70E-05	-6,68E-05	0,450505866	3,21448511
1,95	7020	1,83697E-08	-6,68E-05	-6,65E-05	-6,65E-05	-6,62E-05	0,448111778	3,18889545
1,96	7056	1,51199E-08	-6,62E-05	-6,60E-05	-6,60E-05	-6,57E-05	0,445736723	3,16357669
1,97	7092	1,24415E-08	-6,57E-05	-6,54E-05	-6,55E-05	-6,52E-05	0,4433805	3,13852525
1,98	7128	1,02348E-08	-6,52E-05	-6,49E-05	-6,49E-05	-6,47E-05	0,441042911	3,11373761
1,99	7164	8,4171E-09	-6,47E-05	-6,44E-05	-6,44E-05	-6,42E-05	0,43872376	3,08921032
2	7200	6,92035E-09	-6,42E-05	-6,39E-05	-6,39E-05	-6,37E-05	0,436422853	3,06493995
2,01	7236	5,68822E-09	-6,37E-05	-6,34E-05	-6,34E-05	-6,32E-05	0,43414	3,04092316
2,02	7272	4,67421E-09	-6,32E-05	-6,29E-05	-6,29E-05	-6,27E-05	0,431875012	3,01715664
2,03	7308	3,83995E-09	-6,27E-05	-6,24E-05	-6,24E-05	-6,22E-05	0,429627703	2,99363715
2,04	7344	3,15376E-09	-6,22E-05	-6,19E-05	-6,19E-05	-6,17E-05	0,427397889	2,97036147
2,05	7380	2,58952E-09	-6,17E-05	-6,15E-05	-6,15E-05	-6,12E-05	0,42518539	2,94732646
2,06	7416	2,12568E-09	-6,12E-05	-6,10E-05	-6,10E-05	-6,07E-05	0,422990027	2,92452902
2,07	7452	1,74448E-09	-6,07E-05	-6,05E-05	-6,05E-05	-6,03E-05	0,420811623	2,90196609
2,08	7488	1,43128E-09	-6,03E-05	-6,00E-05	-6,00E-05	-5,98E-05	0,418650004	2,87963466
2,09	7524	1,17402E-09	-5,98E-05	-5,96E-05	-5,96E-05	-5,94E-05	0,416504998	2,85753178
2,1	7560	9,62763E-10	-5,94E-05	-5,91E-05	-5,91E-05	-5,89E-05	0,414376435	2,83565452
2,11	7596	7,89325E-10	-5,89E-05	-5,87E-05	-5,87E-05	-5,85E-05	0,412264148	2,81400001
2,12	7632	6,46975E-10	-5,85E-05	-5,82E-05	-5,82E-05	-5,80E-05	0,41016797	2,79256544
2,13	7668	5,30169E-10	-5,80E-05	-5,78E-05	-5,78E-05	-5,76E-05	0,40808774	2,7711348
2,14	7704	4,34348E-10	-5,76E-05	-5,73E-05	-5,73E-05	-5,71E-05	0,406023294	2,75034496
2,15	7740	3,55761E-10	-5,71E-05	-5,69E-05	-5,69E-05	-5,67E-05	0,403974475	2,72955362
2,16	7776	2,91325E-10	-5,67E-05	-5,65E-05	-5,65E-05	-5,63E-05	0,401941124	2,70897132
2,17	7812	2,38505E-10	-5,63E-05	-5,61E-05	-5,61E-05	-5,58E-05	0,399923086	2,68859543
2,18	7848	1,95216E-10	-5,58E-05	-5,56E-05	-5,56E-05	-5,54E-05	0,397920209	2,66842338
2,19	7884	1,59749E-10	-5,54E-05	-5,52E-05	-5,52E-05	-5,50E-05	0,39593234	2,64845262
2,2	7920	1,30695E-10	-5,50E-05	-5,48E-05	-5,48E-05	-5,46E-05	0,39395933	2,62868065
2,21	7956	1,06902E-10	-5,46E-05	-5,44E-05	-5,44E-05	-5,42E-05	0,392001031	2,609105
2,22	7992	8,74209E-11	-5,42E-05	-5,40E-05	-5,40E-05	-5,38E-05	0,390057298	2,58972324
2,23	8028	7,14743E-11	-5,38E-05	-5,36E-05	-5,36E-05	-5,34E-05	0,388127985	2,57053298
2,24	8064	5,84238E-11	-5,34E-05	-5,32E-05	-5,32E-05	-5,30E-05	0,386212952	2,55153185
2,25	8100	4,7746E-11	-5,30E-05	-5,28E-05	-5,28E-05	-5,26E-05	0,384312057	2,53271754
2,26	8136	3,90113E-11	-5,26E-05	-5,24E-05	-5,24E-05	-5,22E-05	0,382425161	2,51408774
2,27	8172	3,18679E-11	-5,22E-05	-5,20E-05	-5,20E-05	-5,18E-05	0,380552128	2,49564022
2,28	8208	2,6027E-11	-5,18E-05	-5,16E-05	-5,16E-05	-5,15E-05	0,378692822	2,47737273
2,29	8244	2,12523E-11	-5,15E-05	-5,13E-05	-5,13E-05	-5,11E-05	0,376847109	2,4592831
2,3	8280	1,73499E-11	-5,11E-05	-5,09E-05	-5,09E-05	-5,07E-05	0,375014857	2,44136915

Tableau III-4 : résultat de calcul pour B = 10m

T (h)	T (s)	Qe (m3/s)	K1	K2	K3	K4	h (m)	Qs (m3/s)
0	0	0					0	0
0,01	36	3,83103E-12	0,00E+00	5,05E-20	5,05E-20	1,11E-13	6,64499E-13	1,1517E-17
0,02	72	5,33189E-09	7,96E-17	5,61E-15	5,61E-15	6,89E-12	4,21336E-11	5,8148E-15
0,03	108	3,31662E-07	1,11E-13	1,09E-12	1,09E-12	1,20E-10	7,89222E-10	4,714E-13
0,04	144	5,77955E-06	6,89E-12	3,21E-11	3,21E-11	1,04E-09	7,85238E-09	1,4794E-11
0,05	180	5,01521E-05	1,20E-10	3,78E-10	3,78E-10	5,82E-09	5,25443E-08	2,5608E-10
0,06	216	0,000279999	1,04E-09	2,57E-09	2,57E-09	2,40E-08	2,64278E-07	2,8886E-09
0,07	252	0,001153054	5,82E-09	1,22E-08	1,22E-08	7,89E-08	1,06525E-06	2,3376E-08
0,08	288	0,003800161	2,39E-08	4,45E-08	4,45E-08	2,19E-07	3,59452E-06	1,4489E-07
0,09	324	0,010564908	7,89E-08	1,34E-07	1,34E-07	5,33E-07	1,04871E-05	7,2206E-07
0,1	360	0,025682974	2,19E-07	3,47E-07	3,47E-07	1,16E-06	2,71187E-05	3,0026E-06
0,11	396	0,056010651	5,33E-07	7,97E-07	7,97E-07	2,32E-06	6,33739E-05	1,0726E-05
0,12	432	0,111675909	1,16E-06	1,66E-06	1,66E-06	4,29E-06	0,000135909	3,3687E-05
0,13	468	0,206515508	2,32E-06	3,18E-06	3,18E-06	7,44E-06	0,000270788	9,474E-05
0,14	504	0,358179867	4,29E-06	5,69E-06	5,69E-06	1,22E-05	0,000506263	0,00024219
0,15	540	0,587828413	7,43E-06	9,59E-06	9,58E-06	1,91E-05	0,000895426	0,00056969
0,16	576	0,919392583	1,22E-05	1,53E-05	1,53E-05	2,86E-05	0,001508395	0,00124556
0,17	612	1,37844084	1,91E-05	2,35E-05	2,35E-05	4,13E-05	0,002433738	0,00255271
0,18	648	1,990730479	2,86E-05	3,45E-05	3,45E-05	5,77E-05	0,003778859	0,00493892
0,19	684	2,780567874	4,12E-05	4,89E-05	4,89E-05	7,81E-05	0,005669185	0,00907552
0,2	720	3,769118465	5,76E-05	6,72E-05	6,72E-05	1,03E-04	0,008246053	0,01592062
0,21	756	4,972809866	7,80E-05	8,98E-05	8,98E-05	1,32E-04	0,011663346	0,02678092
0,22	792	6,401957806	1,03E-04	1,17E-04	1,17E-04	1,67E-04	0,016083008	0,04336523
0,23	828	8,05971904	1,32E-04	1,48E-04	1,48E-04	2,05E-04	0,02166966	0,06782173
0,24	864	9,941442191	1,66E-04	1,85E-04	1,85E-04	2,48E-04	0,028584614	0,10275175
0,25	900	12,03445124	2,04E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,94E-04	0,036979618	0,15119393
0,26	936	14,31826111	2,47E-04	2,70E-04	2,69E-04	3,44E-04	0,046990673	0,21657496
0,27	972	16,76519362	2,93E-04	3,17E-04	3,17E-04	3,96E-04	0,058732261	0,30262571
0,28	1008	19,341337	3,42E-04	3,67E-04	3,67E-04	4,49E-04	0,072292268	0,41326489
0,29	1044	22,00777488	3,93E-04	4,19E-04	4,19E-04	5,02E-04	0,087727857	0,55245514
0,3	1080	24,7220003	4,46E-04	4,72E-04	4,72E-04	5,55E-04	0,105062464	0,72403925
0,31	1116	27,43942809	4,98E-04	5,25E-04	5,25E-04	6,06E-04	0,124284015	0,93156604
0,32	1152	30,1149219	5,51E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,55E-04	0,145344417	1,17811658
0,33	1188	32,70426093	6,01E-04	6,25E-04	6,25E-04	7,00E-04	0,168160277	1,46614141
0,34	1224	35,16548318	6,49E-04	6,72E-04	6,71E-04	7,41E-04	0,192614775	1,79731887
0,35	1260	37,46005582	6,93E-04	7,14E-04	7,14E-04	7,77E-04	0,21856054	2,1724429
0,36	1296	39,55383843	7,33E-04	7,51E-04	7,51E-04	8,07E-04	0,245823378	2,59134665
0,37	1332	41,41781905	7,68E-04	7,83E-04	7,83E-04	8,30E-04	0,274206646	3,05286572
0,38	1368	43,02861647	7,97E-04	8,09E-04	8,09E-04	8,48E-04	0,303496065	3,55484227
0,39	1404	44,36875413	8,20E-04	8,29E-04	8,29E-04	8,59E-04	0,333464792	4,09416857
0,4	1440	45,42672013	8,37E-04	8,42E-04	8,42E-04	8,63E-04	0,363878536	4,66686671
0,41	1476	46,19683562	8,47E-04	8,49E-04	8,49E-04	8,60E-04	0,394500551	5,26819885
0,42	1512	46,67895877	8,50E-04	8,49E-04	8,49E-04	8,51E-04	0,425096367	5,89280172
0,43	1548	46,87805447	8,47E-04	8,43E-04	8,43E-04	8,36E-04	0,455438121	6,53483773
0,44	1584	46,803661	8,38E-04	8,31E-04	8,31E-04	8,16E-04	0,485308405	7,1881554
0,45	1620	46,46928469	8,23E-04	8,13E-04	8,13E-04	7,90E-04	0,514503547	7,84645158
0,46	1656	45,89175141	8,02E-04	7,90E-04	7,90E-04	7,60E-04	0,54283632	8,50342891
0,47	1692	45,09054142	7,77E-04	7,62E-04	7,62E-04	7,26E-04	0,570138023	9,15294278
0,48	1728	44,08713055	7,46E-04	7,30E-04	7,30E-04	6,88E-04	0,596259981	9,78913306
0,49	1764	42,90435693	7,12E-04	6,94E-04	6,94E-04	6,47E-04	0,621074464	10,4065374
0,5	1800	41,56582889	6,75E-04	6,55E-04	6,55E-04	6,04E-04	0,64447508	11,0001836
0,51	1836	40,09538548	6,35E-04	6,14E-04	6,14E-04	5,60E-04	0,666376694	11,5656605
0,52	1872	38,5166178	5,93E-04	5,71E-04	5,71E-04	5,14E-04	0,686714922	12,0991668
0,53	1908	36,85245596	5,49E-04	5,26E-04	5,26E-04	4,68E-04	0,705445278	12,5975397
0,54	1944	35,12482357	5,04E-04	4,81E-04	4,81E-04	4,21E-04	0,722542027	13,0582629
0,55	1980	33,3543592	4,58E-04	4,35E-04	4,36E-04	3,75E-04	0,737996819	13,4794594
0,56	2016	31,56020258	4,13E-04	3,90E-04	3,90E-04	3,30E-04	0,75181715	13,8598676
0,57	2052	29,75984127	3,68E-04	3,45E-04	3,45E-04	2,86E-04	0,764024723	14,198807
0,58	2088	27,96901276	3,23E-04	3,01E-04	3,01E-04	2,43E-04	0,774653746	14,4961334
0,59	2124	26,20165619	2,80E-04	2,58E-04	2,59E-04	2,02E-04	0,783749222	14,7521875
0,6	2160	24,46990716	2,38E-04	2,17E-04	2,17E-04	1,62E-04	0,791365258	14,9677393
0,61	2196	22,78412932	1,97E-04	1,78E-04	1,78E-04	1,25E-04	0,797563438	15,14393
0,62	2232	21,15297624	1,59E-04	1,40E-04	1,40E-04	8,92E-05	0,802411273	15,2822138
0,63	2268	19,58347746	1,22E-04	1,04E-04	1,04E-04	5,59E-05	0,80598075	15,3843001
0,64	2304	18,08114294	8,72E-05	7,05E-05	7,07E-05	2,48E-05	0,808347009	15,4520994
0,65	2340	16,65008077	5,46E-05	3,90E-05	3,91E-05	-4,14E-06	0,809587126	15,4876715
0,66	2376	15,29312329	2,41E-05	9,60E-06	9,75E-06	-3,09E-05	0,80977904	15,4931789
0,67	2412	14,01195774	-4,16E-06	-1,76E-05	-1,75E-05	-5,54E-05	0,809000601	15,4708439
0,68	2448	12,8072578	-3,03E-05	-4,27E-05	-4,26E-05	-7,79E-05	0,807328748	15,4229114
0,69	2484	11,67881312	-5,43E-05	-6,57E-05	-6,55E-05	-9,82E-05	0,804838815	15,3516163
0,7	2520	10,6256546	-7,63E-05	-8,66E-05	-8,65E-05	-1,17E-04	0,801603947	15,2591559
0,71	2556	9,646173517	-9,62E-05	-1,06E-04	-1,05E-04	-1,33E-04	0,797694629	15,1476667
0,72	2592	8,738233023	-1,14E-04	-1,23E-04	-1,23E-04	-1,48E-04	0,793178318	15,0192065
0,73	2628	7,899271302	-1,30E-04	-1,38E-04	-1,38E-04	-1,61E-04	0,788119158	14,8757396
0,74	2664	7,126395565	-1,45E-04	-1,52E-04	-1,52E-04	-1,73E-04	0,782577791	14,7191258
0,75	2700	6,416466722	-1,58E-04	-1,64E-04	-1,64E-04	-1,83E-04	0,776611224	14,5511137

0,76	2736	5,766174656	-1,69E-04	-1,74E-04	-1,74E-04	-1,91E-04	0,770272774	14,3733354
0,77	2772	5,172104307	-1,79E-04	-1,83E-04	-1,83E-04	-1,99E-04	0,763612055	14,1873049
0,78	2808	4,63079288	-1,87E-04	-1,91E-04	-1,91E-04	-2,05E-04	0,756675019	13,9944177
0,79	2844	4,138778678	-1,94E-04	-1,98E-04	-1,98E-04	-2,10E-04	0,749504033	13,7959528
0,8	2880	3,692642095	-2,01E-04	-2,03E-04	-2,03E-04	-2,14E-04	0,742137983	13,5930755
0,81	2916	3,289039402	-2,06E-04	-2,08E-04	-2,08E-04	-2,17E-04	0,734612409	13,3868417
0,82	2952	2,92472997	-2,10E-04	-2,11E-04	-2,11E-04	-2,20E-04	0,726959653	13,1782032
0,83	2988	2,5965976	-2,13E-04	-2,14E-04	-2,14E-04	-2,22E-04	0,719209021	12,9680127
0,84	3024	2,301666619	-2,15E-04	-2,16E-04	-2,16E-04	-2,23E-04	0,711386957	12,7570303
0,85	3060	2,037113375	-2,17E-04	-2,18E-04	-2,18E-04	-2,23E-04	0,703517224	12,5459294
0,86	3096	1,80273756	-2,18E-04	-2,19E-04	-2,19E-04	-2,23E-04	0,695621076	12,3353034
0,87	3132	1,588647289	-2,19E-04	-2,19E-04	-2,19E-04	-2,23E-04	0,687717444	12,1256715
0,88	3168	1,399898372	-2,19E-04	-2,19E-04	-2,19E-04	-2,22E-04	0,679823109	11,9174853
0,89	3204	1,231855104	-2,18E-04	-2,18E-04	-2,18E-04	-2,21E-04	0,67195287	11,7111342
0,9	3240	1,082506176	-2,18E-04	-2,17E-04	-2,17E-04	-2,19E-04	0,664119714	11,5069519
0,91	3276	0,949996196	-2,17E-04	-2,16E-04	-2,16E-04	-2,18E-04	0,656334973	11,3052211
0,92	3312	0,83261981	-2,15E-04	-2,14E-04	-2,14E-04	-2,16E-04	0,64860847	11,1061788
0,93	3348	0,72881492	-2,13E-04	-2,12E-04	-2,12E-04	-2,13E-04	0,640948663	10,9100215
0,94	3384	0,637155255	-2,11E-04	-2,10E-04	-2,10E-04	-2,11E-04	0,633362775	10,7169089
0,95	3420	0,556342536	-2,09E-04	-2,08E-04	-2,08E-04	-2,09E-04	0,62585692	10,5269686
0,96	3456	0,485198405	-2,07E-04	-2,06E-04	-2,06E-04	-2,06E-04	0,618436217	10,3402993
0,97	3492	0,422656295	-2,05E-04	-2,03E-04	-2,03E-04	-2,03E-04	0,611104893	10,1569749
0,98	3528	0,367753352	-2,02E-04	-2,01E-04	-2,01E-04	-2,01E-04	0,603866385	9,97704705
0,99	3564	0,319622531	-2,00E-04	-1,98E-04	-1,98E-04	-1,98E-04	0,596723422	9,80054812
1	3600	0,27748493	-1,97E-04	-1,96E-04	-1,96E-04	-1,95E-04	0,589678113	9,6274939
1,01	3636	0,240642433	-1,94E-04	-1,93E-04	-1,93E-04	-1,92E-04	0,58273202	9,45788572
1,02	3672	0,208470717	-1,91E-04	-1,90E-04	-1,90E-04	-1,89E-04	0,575886218	9,29171258
1,03	3708	0,180412626	-1,89E-04	-1,87E-04	-1,87E-04	-1,86E-04	0,569141367	9,12895293
1,04	3744	0,155971958	-1,86E-04	-1,84E-04	-1,84E-04	-1,84E-04	0,562497754	8,96957629
1,05	3780	0,134707667	-1,83E-04	-1,82E-04	-1,82E-04	-1,81E-04	0,555955352	8,81354472
1,06	3816	0,116228472	-1,80E-04	-1,79E-04	-1,79E-04	-1,78E-04	0,549513858	8,66081403
1,07	3852	0,100187872	-1,77E-04	-1,76E-04	-1,76E-04	-1,75E-04	0,543172734	8,51133493
1,08	3888	0,086279567	-1,75E-04	-1,73E-04	-1,73E-04	-1,72E-04	0,53693124	8,365054
1,09	3924	0,074233253	-1,72E-04	-1,71E-04	-1,71E-04	-1,69E-04	0,530788468	8,22191452
1,1	3960	0,063810789	-1,69E-04	-1,68E-04	-1,68E-04	-1,67E-04	0,524743365	8,08185721
1,11	3996	0,054802702	-1,67E-04	-1,65E-04	-1,65E-04	-1,64E-04	0,518794761	7,9448209
1,12	4032	0,047025022	-1,64E-04	-1,63E-04	-1,63E-04	-1,61E-04	0,512941387	7,81074305
1,13	4068	0,040316424	-1,61E-04	-1,60E-04	-1,60E-04	-1,59E-04	0,507181894	7,67956023
1,14	4104	0,034535643	-1,59E-04	-1,57E-04	-1,57E-04	-1,56E-04	0,501514873	7,55120854
1,15	4140	0,029559158	-1,56E-04	-1,55E-04	-1,55E-04	-1,54E-04	0,495938862	7,42562394
1,16	4176	0,025279111	-1,54E-04	-1,52E-04	-1,52E-04	-1,51E-04	0,490452366	7,30274254
1,17	4212	0,021601446	-1,51E-04	-1,50E-04	-1,50E-04	-1,49E-04	0,48505386	7,18250086
1,18	4248	0,018444255	-1,49E-04	-1,48E-04	-1,48E-04	-1,46E-04	0,479741806	7,06483604
1,19	4284	0,015736292	-1,46E-04	-1,45E-04	-1,45E-04	-1,44E-04	0,474514652	6,94968595
1,2	4320	0,013415671	-1,44E-04	-1,43E-04	-1,43E-04	-1,42E-04	0,469370848	6,83698942
1,21	4356	0,011428692	-1,42E-04	-1,41E-04	-1,41E-04	-1,40E-04	0,464308844	6,72668628
1,22	4392	0,009728821	-1,39E-04	-1,38E-04	-1,38E-04	-1,37E-04	0,4593271	6,61871747
1,23	4428	0,008275775	-1,37E-04	-1,36E-04	-1,36E-04	-1,35E-04	0,454424086	6,51302511
1,24	4464	0,007034723	-1,35E-04	-1,34E-04	-1,34E-04	-1,33E-04	0,449598289	6,40955257
1,25	4500	0,005975581	-1,33E-04	-1,32E-04	-1,32E-04	-1,31E-04	0,444848214	6,30824448
1,26	4536	0,005072395	-1,31E-04	-1,30E-04	-1,30E-04	-1,29E-04	0,440172386	6,20904674
1,27	4572	0,004302792	-1,29E-04	-1,28E-04	-1,28E-04	-1,27E-04	0,435569351	6,1119066
1,28	4608	0,003647513	-1,27E-04	-1,26E-04	-1,26E-04	-1,25E-04	0,431037682	6,01677259
1,29	4644	0,003089989	-1,25E-04	-1,24E-04	-1,24E-04	-1,23E-04	0,426575974	5,92359457
1,3	4680	0,002615983	-1,23E-04	-1,22E-04	-1,22E-04	-1,21E-04	0,42218285	5,8323237
1,31	4716	0,002213275	-1,21E-04	-1,20E-04	-1,20E-04	-1,19E-04	0,417856956	5,74291243
1,32	4752	0,001871382	-1,19E-04	-1,18E-04	-1,18E-04	-1,17E-04	0,413596969	5,65531449
1,33	4788	0,001581322	-1,17E-04	-1,17E-04	-1,17E-04	-1,16E-04	0,409401591	5,56948486
1,34	4824	0,001335405	-1,16E-04	-1,15E-04	-1,15E-04	-1,14E-04	0,40526955	5,48537976
1,35	4860	0,001127052	-1,14E-04	-1,13E-04	-1,13E-04	-1,12E-04	0,401199602	5,40295661
1,36	4896	0,000950644	-1,12E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	-1,11E-04	0,397190532	5,32217401
1,37	4932	0,000801379	-1,11E-04	-1,10E-04	-1,10E-04	-1,09E-04	0,393241148	5,24299172
1,38	4968	0,000675162	-1,09E-04	-1,08E-04	-1,08E-04	-1,07E-04	0,389350288	5,16537063
1,39	5004	0,000568502	-1,07E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	-1,06E-04	0,385516813	5,08927271
1,4	5040	0,000478424	-1,06E-04	-1,05E-04	-1,05E-04	-1,04E-04	0,381739612	5,01466101
1,41	5076	0,000402397	-1,04E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	-1,03E-04	0,378017598	4,94149961
1,42	5112	0,000338267	-1,03E-04	-1,02E-04	-1,02E-04	-1,01E-04	0,374349708	4,8697536
1,43	5148	0,000284206	-1,01E-04	-1,00E-04	-1,00E-04	-9,97E-05	0,370734907	4,79938906
1,44	5184	0,000238658	-9,97E-05	-9,90E-05	-9,90E-05	-9,83E-05	0,367172178	4,73037301
1,45	5220	0,000200306	-9,83E-05	-9,75E-05	-9,75E-05	-9,68E-05	0,363660533	4,66267339
1,46	5256	0,00016803	-9,68E-05	-9,61E-05	-9,62E-05	-9,55E-05	0,360199003	4,59625905
1,47	5292	0,000140884	-9,55E-05	-9,48E-05	-9,48E-05	-9,41E-05	0,356786642	4,5310997
1,48	5328	0,000118064	-9,41E-05	-9,34E-05	-9,34E-05	-9,28E-05	0,353422527	4,46716589
1,49	5364	9,88919E-05	-9,28E-05	-9,21E-05	-9,21E-05	-9,15E-05	0,350105755	4,40442899
1,5	5400	8,27926E-05	-9,15E-05	-9,08E-05	-9,08E-05	-9,02E-05	0,346835443	4,34286117
1,51	5436	6,9281E-05	-9,02E-05	-8,96E-05	-8,96E-05	-8,90E-05	0,34361073	4,28243534
1,52	5472	5,7947E-05	-8,89E-05	-8,83E-05	-8,83E-05	-8,77E-05	0,340430773	4,22312519
1,53	5508	4,84446E-05	-8,77E-05	-8,71E-05	-8,71E-05	-8,65E-05	0,33729475	4,16490511
1,54	5544	4,04817E-05	-8,65E-05	-8,59E-05	-8,59E-05	-8,53E-05	0,334201856	4,10775019
1,55	5580	3,38122E-05	-8,53E-05	-8,47E-05	-8,47E-05	-8,42E-05	0,331151303	4,05163619

1,56	5616	2,82289E-05	-8,42E-05	-8,36E-05	-8,36E-05	-8,30E-05	0,328142325	3,99653955
1,57	5652	2,35571E-05	-8,30E-05	-8,24E-05	-8,24E-05	-8,19E-05	0,325174169	3,94243731
1,58	5688	1,96498E-05	-8,19E-05	-8,13E-05	-8,13E-05	-8,08E-05	0,3222461	3,88930717
1,59	5724	1,63835E-05	-8,08E-05	-8,02E-05	-8,02E-05	-7,97E-05	0,319357401	3,83712738
1,6	5760	1,36544E-05	-7,97E-05	-7,92E-05	-7,92E-05	-7,86E-05	0,316507369	3,78587681
1,61	5796	1,1375E-05	-7,86E-05	-7,81E-05	-7,81E-05	-7,76E-05	0,313695318	3,73553486
1,62	5832	9,47221E-06	-7,76E-05	-7,71E-05	-7,71E-05	-7,66E-05	0,310920575	3,68608149
1,63	5868	7,88445E-06	-7,66E-05	-7,61E-05	-7,61E-05	-7,56E-05	0,308182485	3,6374972
1,64	5904	6,56018E-06	-7,56E-05	-7,51E-05	-7,51E-05	-7,46E-05	0,305484044	3,58976296
1,65	5940	5,45613E-06	-7,46E-05	-7,41E-05	-7,41E-05	-7,36E-05	0,302813704	3,54286029
1,66	5976	4,53609E-06	-7,36E-05	-7,31E-05	-7,31E-05	-7,26E-05	0,30018177	3,49677114
1,67	6012	3,76972E-06	-7,26E-05	-7,22E-05	-7,22E-05	-7,17E-05	0,297584	3,45147796
1,68	6048	3,13161E-06	-7,17E-05	-7,12E-05	-7,12E-05	-7,08E-05	0,295019806	3,40696364
1,69	6084	2,60052E-06	-7,08E-05	-7,03E-05	-7,03E-05	-6,99E-05	0,292488612	3,36321152
1,7	6120	2,15868E-06	-6,99E-05	-6,94E-05	-6,94E-05	-6,90E-05	0,289989854	3,32020535
1,71	6156	1,79124E-06	-6,90E-05	-6,85E-05	-6,85E-05	-6,81E-05	0,28752298	3,27792929
1,72	6192	1,4858E-06	-6,81E-05	-6,77E-05	-6,77E-05	-6,72E-05	0,285087451	3,23636793
1,73	6228	1,23199E-06	-6,72E-05	-6,68E-05	-6,68E-05	-6,64E-05	0,282682736	3,19550623
1,74	6264	1,02116E-06	-6,64E-05	-6,60E-05	-6,60E-05	-6,55E-05	0,280308319	3,15532952
1,75	6300	8,46118E-07	-6,55E-05	-6,51E-05	-6,51E-05	-6,47E-05	0,277963694	3,11582351
1,76	6336	7,0083E-07	-6,47E-05	-6,43E-05	-6,43E-05	-6,39E-05	0,275648362	3,07697426
1,77	6372	5,80287E-07	-6,39E-05	-6,35E-05	-6,35E-05	-6,31E-05	0,27336184	3,03876819
1,78	6408	4,80312E-07	-6,31E-05	-6,27E-05	-6,27E-05	-6,23E-05	0,27110365	3,00119204
1,79	6444	3,97426E-07	-6,23E-05	-6,20E-05	-6,20E-05	-6,16E-05	0,268873326	2,96423287
1,8	6480	3,28732E-07	-6,16E-05	-6,12E-05	-6,12E-05	-6,08E-05	0,266670413	2,92787808
1,81	6516	2,71821E-07	-6,08E-05	-6,04E-05	-6,04E-05	-6,01E-05	0,264494462	2,89211537
1,82	6552	2,24689E-07	-6,01E-05	-5,97E-05	-5,97E-05	-5,93E-05	0,262345035	2,85693272
1,83	6588	1,85668E-07	-5,93E-05	-5,90E-05	-5,90E-05	-5,86E-05	0,260221703	2,82231843
1,84	6624	1,53375E-07	-5,86E-05	-5,83E-05	-5,83E-05	-5,79E-05	0,258124046	2,78826107
1,85	6660	1,26658E-07	-5,79E-05	-5,76E-05	-5,76E-05	-5,72E-05	0,256051651	2,75474948
1,86	6696	1,04562E-07	-5,72E-05	-5,69E-05	-5,69E-05	-5,65E-05	0,254004114	2,72177277
1,87	6732	8,62932E-08	-5,65E-05	-5,62E-05	-5,62E-05	-5,59E-05	0,251981039	2,68932031
1,88	6768	7,11947E-08	-5,59E-05	-5,55E-05	-5,55E-05	-5,52E-05	0,249982038	2,65738173
1,89	6804	5,87199E-08	-5,52E-05	-5,49E-05	-5,49E-05	-5,45E-05	0,24800673	2,62594689
1,9	6840	4,84164E-08	-5,45E-05	-5,42E-05	-5,42E-05	-5,39E-05	0,246054743	2,59500591
1,91	6876	3,99088E-08	-5,39E-05	-5,36E-05	-5,36E-05	-5,33E-05	0,244125711	2,56454912
1,92	6912	3,28865E-08	-5,33E-05	-5,30E-05	-5,30E-05	-5,26E-05	0,242219275	2,53456708
1,93	6948	2,70918E-08	-5,26E-05	-5,23E-05	-5,23E-05	-5,20E-05	0,240335085	2,50505059
1,94	6984	2,23117E-08	-5,20E-05	-5,17E-05	-5,17E-05	-5,14E-05	0,238472794	2,47599064
1,95	7020	1,83697E-08	-5,14E-05	-5,11E-05	-5,11E-05	-5,08E-05	0,236632065	2,44737844
1,96	7056	1,51199E-08	-5,08E-05	-5,05E-05	-5,05E-05	-5,02E-05	0,234812566	2,41920539
1,97	7092	1,24415E-08	-5,02E-05	-5,00E-05	-5,00E-05	-4,97E-05	0,233013973	2,39146311
1,98	7128	1,02348E-08	-4,97E-05	-4,94E-05	-4,94E-05	-4,91E-05	0,231235966	2,3641434
1,99	7164	8,4171E-09	-4,91E-05	-4,88E-05	-4,88E-05	-4,85E-05	0,229478232	2,33723824
2	7200	6,92035E-09	-4,85E-05	-4,83E-05	-4,83E-05	-4,80E-05	0,227744065	2,31073979
2,01	7236	5,68822E-09	-4,80E-05	-4,77E-05	-4,77E-05	-4,75E-05	0,226022362	2,2846404
2,02	7272	4,67421E-09	-4,75E-05	-4,72E-05	-4,72E-05	-4,69E-05	0,224323628	2,25893258
2,03	7308	3,83995E-09	-4,69E-05	-4,67E-05	-4,67E-05	-4,64E-05	0,222643974	2,23360903
2,04	7344	3,15376E-09	-4,64E-05	-4,61E-05	-4,61E-05	-4,59E-05	0,220983114	2,20866258
2,05	7380	2,58952E-09	-4,59E-05	-4,56E-05	-4,56E-05	-4,54E-05	0,219340769	2,18408624
2,06	7416	2,12568E-09	-4,54E-05	-4,51E-05	-4,51E-05	-4,49E-05	0,217716666	2,15987318
2,07	7452	1,74448E-09	-4,49E-05	-4,46E-05	-4,46E-05	-4,44E-05	0,216110534	2,1360167
2,08	7488	1,43128E-09	-4,44E-05	-4,41E-05	-4,41E-05	-4,39E-05	0,21452211	2,11251028
2,09	7524	1,17402E-09	-4,39E-05	-4,36E-05	-4,36E-05	-4,34E-05	0,212951135	2,0893475
2,1	7560	9,62763E-10	-4,34E-05	-4,32E-05	-4,32E-05	-4,29E-05	0,211397353	2,06652211
2,11	7596	7,89325E-10	-4,29E-05	-4,27E-05	-4,27E-05	-4,25E-05	0,2098660515	2,044028
2,12	7632	6,46975E-10	-4,25E-05	-4,22E-05	-4,22E-05	-4,20E-05	0,208340375	2,02185917
2,13	7668	5,30169E-10	-4,20E-05	-4,18E-05	-4,18E-05	-4,15E-05	0,206836693	2,00000976
2,14	7704	4,34348E-10	-4,15E-05	-4,13E-05	-4,13E-05	-4,11E-05	0,205349231	1,97847405
2,15	7740	3,55761E-10	-4,11E-05	-4,09E-05	-4,09E-05	-4,07E-05	0,203877757	1,95724642
2,16	7776	2,91325E-10	-4,07E-05	-4,04E-05	-4,04E-05	-4,02E-05	0,202422043	1,93632139
2,17	7812	2,38505E-10	-4,02E-05	-4,00E-05	-4,00E-05	-3,98E-05	0,200981864	1,91569358
2,18	7848	1,95216E-10	-3,98E-05	-3,96E-05	-3,96E-05	-3,94E-05	0,199557	1,89535773
2,19	7884	1,59749E-10	-3,94E-05	-3,92E-05	-3,92E-05	-3,90E-05	0,198147236	1,87530869
2,2	7920	1,30695E-10	-3,90E-05	-3,87E-05	-3,87E-05	-3,85E-05	0,196752357	1,85554143
2,21	7956	1,06902E-10	-3,85E-05	-3,83E-05	-3,83E-05	-3,81E-05	0,195372157	1,83605102
2,22	7992	8,74209E-11	-3,81E-05	-3,79E-05	-3,79E-05	-3,77E-05	0,194006428	1,81683262
2,23	8028	7,14743E-11	-3,77E-05	-3,75E-05	-3,75E-05	-3,73E-05	0,19265497	1,7978815
2,24	8064	5,84238E-11	-3,73E-05	-3,71E-05	-3,71E-05	-3,70E-05	0,191317584	1,77919304
2,25	8100	4,7746E-11	-3,70E-05	-3,68E-05	-3,68E-05	-3,66E-05	0,189994076	1,7607627
2,26	8136	3,90113E-11	-3,66E-05	-3,64E-05	-3,64E-05	-3,62E-05	0,188684255	1,74258604
2,27	8172	3,18679E-11	-3,62E-05	-3,60E-05	-3,60E-05	-3,58E-05	0,187387931	1,7246587
2,28	8208	2,6027E-11	-3,58E-05	-3,56E-05	-3,56E-05	-3,55E-05	0,186104922	1,70697644
2,29	8244	2,12523E-11	-3,55E-05	-3,53E-05	-3,53E-05	-3,51E-05	0,184835044	1,68953507
2,3	8280	1,73499E-11	-3,51E-05	-3,49E-05	-3,49E-05	-3,47E-05	0,183578119	1,67233051

Annexe IV

Variation des Hauteur et Débit en fonction du temps

t(jours)	t (s)	h(t)	Q(t)	z(t)
0	0	18,5	0,359117434	1235
0,125	10800	18,41809024	0,358321546	1234,91809
0,25	21600	18,3353703	0,357515987	1234,83537
0,375	32400	18,25181945	0,356700491	1234,751819
0,5	43200	18,16741615	0,355874776	1234,667416
0,625	54000	18,08213801	0,355038553	1234,582138
0,75	64800	17,99596182	0,354191518	1234,495962
0,875	75600	17,90886351	0,353333356	1234,408864
1	86400	17,82081819	0,352463739	1234,320818
1,125	97200	17,73180012	0,351582329	1234,2318
1,25	108000	17,64178274	0,35068877	1234,141783
1,375	118800	17,55073864	0,349782699	1234,050739
1,5	129600	17,45863959	0,348863734	1233,95864
1,625	140400	17,36545649	0,347931482	1233,865456
1,75	151200	17,27115944	0,346985536	1233,771159
1,875	162000	17,17571768	0,346025473	1233,675718
2	172800	17,07909962	0,345050857	1233,5791
2,125	183600	16,98127285	0,344061236	1233,481273
2,25	194400	16,88220408	0,343056141	1233,382204
2,375	205200	16,78185924	0,342035089	1233,281859
2,5	216000	16,68020337	0,340997579	1233,180203
2,625	226800	16,57720071	0,339943094	1233,077201
2,75	237600	16,47281465	0,338871099	1232,972815
2,875	248400	16,36700774	0,33778104	1232,867008
3	259200	16,2597417	0,336672346	1232,759742
3,125	270000	16,15097741	0,335544427	1232,650977
3,25	280800	16,04067492	0,334396669	1232,540675
3,375	291600	15,92879342	0,333228444	1232,428793
3,5	302400	15,81529129	0,332039096	1232,315291
3,625	313200	15,70012607	0,330827951	1232,200126
3,75	324000	15,58325445	0,32959431	1232,083254
3,875	334800	15,46463229	0,328337452	1231,964632
4	345600	15,34421461	0,327056629	1231,844215
4,125	356400	15,22195561	0,325751069	1231,721956
4,25	367200	15,09780863	0,324419972	1231,597809
4,375	378000	14,97172618	0,32306251	1231,471726
4,5	388800	14,84365994	0,321677824	1231,34366
4,625	399600	14,71356075	0,320265028	1231,213561
4,75	410400	14,58137862	0,318823201	1231,081379
4,875	421200	14,44706271	0,317351389	1230,947063
5	432000	14,31056134	0,315848602	1230,810561
5,125	442800	14,17182202	0,314313815	1230,671822
5,25	453600	14,0307914	0,31274596	1230,530791
5,375	464400	13,8874153	0,311143932	1230,387415
5,5	475200	13,7416387	0,309506581	1230,241639
5,625	486000	13,59340574	0,307832709	1230,093406
5,75	496800	13,44265975	0,306121074	1229,94266
5,875	507600	13,28934318	0,304370378	1229,789343
6	518400	13,13339768	0,302579271	1229,633398
6,125	529200	12,97476404	0,300746346	1229,474764
6,25	540000	12,81338223	0,298870132	1229,313382
6,375	550800	12,64919137	0,296949095	1229,149191
6,5	561600	12,48212976	0,29498163	1228,98213
6,625	572400	12,31213484	0,292966057	1228,812135
6,75	583200	12,13914323	0,290900617	1228,639143
6,875	594000	11,9630907	0,288783465	1228,463091
7	604800	11,78391221	0,286612663	1228,283912
7,125	615600	11,60154186	0,284386175	1228,101542
7,25	626400	11,41591291	0,282101859	1227,915913
7,375	637200	11,22695779	0,279757456	1227,726958
7,5	648000	11,03460811	0,277350582	1227,534608
7,625	658800	10,83879462	0,274878719	1227,338795
7,75	669600	10,63944724	0,2723392	1227,139447
7,875	680400	10,43649506	0,269729198	1226,936495
8	691200	10,22986633	0,267045709	1226,729866
8,125	702000	10,01948845	0,264285538	1226,519488
8,25	712800	9,805288011	0,261445278	1226,305288
8,375	723600	9,58719074	0,258521287	1226,087191

8,5	734400	9,365121541	0,255509666	1225,865122
8,625	745200	9,13900448	0,25240623	1225,639004
8,75	756000	8,908762785	0,249206475	1225,408763
8,875	766800	8,674318847	0,245905541	1225,174319
9	777600	8,43559422	0,24249817	1224,935594
9,125	788400	8,192509623	0,238978651	1224,69251
9,25	799200	7,944984938	0,235340767	1224,444985
9,375	810000	7,692939207	0,231577721	1224,192939
9,5	820800	7,43629064	0,227682055	1223,936291
9,625	831600	7,174956607	0,223645551	1223,674957
9,75	842400	6,908853643	0,219459114	1223,408854
9,93759628	858608,319	6,500360298	0,212872391	1223,00036
		6,000360298	0,204521651	
		5,500360298	0,195815107	
		5,000360298	0,18670299	
		4,500360298	0,177122718	
		4,000360298	0,166993735	
		3,500360298	0,156209341	
		3,000360298	0,144622988	
		2,500360298	0,132023707	
		2,000360298	0,11808772	
		1,500360298	0,102270035	
		1,000360298	0,083508147	
		0,500360298	0,05905981	
		0,000360298	0,001584827	

Résumé :

Suite à la localisation du site, une étude minutieuse a été faite sur l'état du relief du bassin versant en question, ensuite on a fait une analyse hydrologique complète afin de dégager les apports liquides et apports solides ainsi que le débit des crues pour différentes périodes de retour. Dans la partie laminage nous avons défini le débit laminé et le temps de base.

Pour dimensionner un ouvrage pareil, il faut étudier le phénomène d'infiltration et vérifier la stabilité, pour assurer le bon fonctionnement de l'ouvrage et lui offrir une longue durée de vie, des ouvrages annexes sont préconisés.

Summary :

Following the location of the site, a careful study was carried out on the state of the relief of the watershed in question, then a complete hydrological analysis was carried out in order to identify the liquid inputs and solid inputs as well as the flow rate of the floods for different return periods. In the rolling part we defined the rolled flow rate and the basic time.

To size such a structure, it is necessary to study the infiltration phenomenon and check the stability. To ensure the proper functioning of the structure and offer it a long lifespan, additional structures are recommended.

ملخص:

وبعد تحديد الموقع، تم إجراء دراسة متأنية لحالة تضاريس مستجمع المياه المعني، ثم تم إجراء تحليل هيدرولوجي كامل للتعرف على المدخلات السائلة والمدخلات الصلبة وكذلك معدل تدفق المياه. الفيضانات لفترات عودة مختلفة. في الجزء المتداول قمنا بتحديد معدل التدفق المدلفن والوقت الأساسي.

لتحديد حجم مثل هذا الهيكل، من الضروري دراسة ظاهرة التسلسل والتحقق من الاستقرار لضمان الأداء السليم للهيكل ومنحه عمراً طويلاً، يوصى بهياكل إضافية.