

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL-BOUAGHI
FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

N°D'ORDRE :

N°DE SERIE :

MÉMOIRE PRÉSENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MAGISTER
EN HYDRAULIQUE

OPTION : AMÉNAGEMENT HYDRAULIQUE ET ENVIRONNEMENT

INTITULE :

Contribution à l'étude de la forme optimale de la section transversale
sur les différents tronçons de l'oued EL ARAB W. de Khenchela

PRÉSENTE PAR:

Mr Chermime Nasser

SOUTENU LE :09/06/2014

DEVANT LE JURY :

PRÉSIDENT	Boudaoud Zine eddine	(MCA)	- UNIVERSITÉ D'OUM EL BOUAGHI.
EXAMINATEUR	Khiari Abdelkader	(PROF)	- UNIVERSITE D'OUM EL BOUAGHI.
RAPPORTEUR	Meza Nourredine	(MCA)	- UNIVERSITE D'OUM EL BOUAGHI.
EXAMINATEUR	Boutaoutaou Djamel	(MCA)	- UNIVERSITE D'OUARGLA

2012/2013

Remerciements

j'adresse un grand merci à toute ma famille qui a toujours été présente lorsque j'en ai eu besoin.

Je remercie l'équipe du laboratoire des travaux publics de la wilaya de Khenchela et le directeur de laboratoire de l'habitat wilaya de Batna, pour leurs aides et leur gentillesse envers moi.

Mes vifs remerciements vont également à monsieur le responsable de laboratoire de la station d'épuration de la ville de Khenchela et le directeur du barrage Babar M Chorfi

Je tiens à remercier très vivement mon directeur de thèse M. Meza Noureddine de m'avoir donné la chance de réaliser des travaux de recherche dans ce domaine.

Je remercie vivement les membres du jury pour avoir accepté d'examiner mon travail
Un grand remerciement à l'ensemble du personnel du département génie civil et hydraulique de l'université d'Oum El Bouaghi .

Pour terminer, j'adresse mon grand amour à mes petits garçons.

Résumé

Dans notre travail nous nous sommes intéressés aux problèmes de la détermination la section stable de l'oued El Arab qui s'allonge sur une longueur de 1400 m et qui déverse dans le barrage Babar wilaya de Khenchela.

La détermination de cette section stable nécessite la connaissance des paramètres de contrôle et leurs dynamiques à savoir le débit liquide, débit solide, la largeur de la rivière, la hauteur d'eau, la pente, les diamètres des particules formant le fond du cours d'eau.

Plusieurs méthodes de calcul applicables qui permettent de mieux comprendre les caractéristiques d'un cours d'eau naturel stable et les relations qui maintiennent les différents paramètres d'un cours d'eau lorsqu'il est en équilibre. Parmi les méthodes de calcul la stabilité du cours d'eau on retrouve :

Les méthodes de Lacey, Blench, Simons et Albertson, Altunin, VG Gluchkov, JG Ivanenko, JG Mamedov et, Maza et Cruickshank. Nos travaux basés sur un protocole expérimentale déterminant les profils en long et en travers des sections réelles et l'angle d'équilibre du cours d'eau, ont permis de réaliser une comparaison pour définir l'adéquation de telle ou telle méthode au cours d'eau de Babar

L'analyse des résultats et la comparaison de ses méthodes à l'état réelle de l'oued nous a permis d'arriver à une largeur stable définie par la relation de VG Gluchkov qui correspond à une détermination de la largeur proche de la largeur de réel après ajustement.

La connaissance de la section stable du cours d'eau, nous aider à optimiser le recalibrage les oueds et de proposer les aménagements afin de minimiser l'envasement des barrages des dérivations et de réduire les inondations.

Mots clés : cours d'eau, forme et dimensions du lit du cours d'eau, dépôt, vitesse d'écoulement, érosion et envasement, vitesse d'érosion, MES, recalibrage des oueds, inondations.

Summary

In our work we are interested in the problems of determining the stable section of Wadi El Arab , which stretches over a length of 1400 ml and flows into the dam Babar wilaya Khenchela .

The determination of this stable section requires knowledge of the control parameters and their dynamics namely liquid flow, solid flow, river width , water depth , slope, the diameters of the particles forming the bottom of the course water.

Several calculation methods to better understand the characteristics of a stable natural water courses and relationships that keep the various parameters of a stream when in equilibrium . Among the methods for calculating the stability of the stream are: Methods Lacey, Blench , Simons and Albertson, Altunin , VG Gluchkov , JG Ivanenko , JG and Mamedov , Maza and Cruickshank . Our experimental protocol based on determining the longitudinal sections and cross sections of the actual sections and the angle balance of streams, have enabled a comparison to determine the suitability of a particular method in water Babar

Analysis of results and comparison of its methods to the real condition of the river has allowed us to reach a stable width defined by the relationship VG Gluchkov which corresponds to a determination of the width near the width of real after adjustment . Knowledge of the stable section of the river , help us optimize recalibration wadis and propose adjustments to minimize siltation of dams and diversions and reduce flooding

Keywords : river , shape and dimensions of the bed of the stream , deposit, discharge, erosion and sedimentation control, erosion rate , MES, re calibration wadi flo

ملخص

في عملنا هذا نهتم بكيفية تحديد المقطع المستقر لوادي العرب، على امتداد طول 1400 مترو الذي يصب في سد بابار ولاية خنشلة.

إن تحديد هذا المقطع المستقرة يتطلب معرفة ثوابت المراقبة و ديناميكياتها و هي تدفقات الماء والمواد الصلبة , عرض الواد , ارتفاع الماء , الميل و قطر المواد التي تكون قاعدة مجرى المياه .
عدة طرق الحساب التي تساعد على معرفة خصائص المجرى الطبيعي المستقر وعلاقات التي تحافظ على مختلف ثوابت مجرى الماء عندما يكون مستقر .

من بين طرق حساب استقرارية المجاري المائية نجد طريقة لآسي , بلانش , سيمانس و البرتسون , ماميدوف , افانينكو , الطونين , مازا و كرويشانك و كليشكوف .

اعمالنا كانت تعتمد على اجراء البرتوكول التجريبي من اجل تعيين المقطع العرضي الحقيقي و تعيين معامل خشونة سرير الواد و تعيين زاوية التوازن الديناميكي لمقارنة وتطبيق مختلف العلاقات على مجرى الواد .

تحليل نتائج و مقارنة هذه الطرق بالنسبة للحالة الحقيقية للواد اعطت لنا العرض الثابت بطريقة كليشكوف التي تتناسب مع العرض الحقيقي لواد لبيض
فمعرفة المقطع الثابت للمجاري المائية تساعدنا على التحكم الفعال في تهيئتها و التقليل من طمي السدود وللتقليل من الفيضانات

كلمات البحث:

المجاري المائية , شكل وأبعاد سرير المجرى المائي, الترسيب , سرعة جريان المياه , الإنجراف و الطمي , سرعة الإنجراف , المواد التي تطفو MES , اعادة معايرة الواد , الفيضانات .

SOMMAIRE :

Sommaire.....	5
-Index des principaux symboles et abréviations.....	8

-Liste des figures.....	10
-Liste des Tableaux.....	11
Liste des Annexes.....	13
Introduction générale	14
Chapitre I : Cadre naturel de l'étude	
I-1-Climat.....	17
I-1-1-Précipitations.....	17
I-1-2-Température de l'air.....	22
I-1-3-Régime des vents.....	22
I-2-Hydrographie	24
I-3-Distribution mensuelle des apports liquides	27
1-4-Hydrogramme de calcul des crues	32
1-5-Les conditions hydrogéologiques de la région:.....	32
1-6-Les nappes.....	32
1-7-Caractéristique générale de la retenue de Babar.....	32
Conclusion	33
Chapitre II Rappel théorique	
II-1-Lit mineur, lit moyen, lit majeur.....	35
II-1-2-La modification des berges.....	35
II-1-3-Variables de contrôle et variables de réponse.....	36
II-2-Typologie des aménagements des cours d'eau.....	37
II-2-1-Introduction	37
II-2-2-Objectifs et méthodes	37
II-2-3Classification selon la nature des travaux.....	37
II-2-3-1-Classification selon les objectifs et les impacts.....	37
II-2-4-Stabilisation.....	38
II-3-Envasement des barrages	39
II-3-1 L'influence des cours d'eau sur l'envasement du barrage	39
II-3-2-Quelques solutions pour diminuer l'envasement de retenues.....	39
II-4. Méthodes de détermination de la section transversale optimale dans les lits des cours d'eau homogènes	
II-4-1-La méthode de Y.A .Ibade Zadhe.....	42
II-4-2. La théorie des formules des régimes	46

A. Méthode Lacey	47
B. Méthode Blench	47
C. Simons et Albertson	48
II-4-3-V.G Gluschkov.....	49
II-4-4- méthodes Altunin	50
II-4-5 -Méthode JG Ivanenko.....	51
II-4-6-Méthode JG Mamedov.....	52
II-4-7- Méthode de Maza et Cruickshank	57
II-5-Détermination le coefficient de rugosité.....	63
II-5-1-Introduction	63
II-5-2-Les lits des cours d'eau naturelles.....	63
II-5-3-Détermination de la valeur de coefficient de rugosité par Manning Strickler	65
II-5-4- La méthode de YA. IBADE –ZADHE	65
Conclusion	66
Chapitre III- Protocole expérimental et matériel utilisés	
III-1-Investigation in-situ :.....	68
III-1-1 Choix des sections transversales:.....	68
II-1-1-1) cartographie ponctuelle:.....	68
III-1-1-2-Géologie et homogénéité superficielle :.....	69
III.1.1.3Levé bathymétrique:.....	74
III-2--Analyse granulométrique:.....	78
III-2-2- Principe de l'essai:.....	78
III-3-L'angle d'équilibre dynamique.....	79
Conclusion :.....	80
Chapitre VI Traitement et analyse des résultats	
IV--1-détermination du coefficient de rugosité.....	82
IV 1--1- Coefficient de rugosité de la formule de Y.A. IBADE –ZADHE.....	87
IV1--2- Coefficient de rugosité par Strickler	83
- IV -2-Résultats de largeur stable de la section transversale de l'oued	
IV -2-1- Méthode de Y.A. IBADE –ZADHE.....	84
IV -2-2Application des méthodes Altunin	94
IV -2-3Application de la méthode JG. Ivanenko	95

IV -2-4-Application de la méthode JG Mamédov	105
IV -2-5- Application de la méthode Maza et Cruickshank	115
- IV -2-6 Application de la méthode de Blench	117
IV -2-7- Application de la méthode de Simons et Albertson	121
IV -2-8Application de la méthode de GV Glochkov	125
- Récapitulatif des résultats de la largeur stable par les quatre méthodes.....	129
-Tracé des sections transversales optimales par les six méthodes Glchkov ,Mamedov ,G.J.Inaneko et Ibad-ZEadhe ,Blench et Simons et Albertson	133
-Conclusion	134
-Conclusion Générale.....	135
-Bibliographie.....	136
-Annexes.....	150

Index des principaux symboles et abréviations

Symbole	Définition	Unité
k:	coefficient de rugosité d'un diamètre de gravier	

	Pour les canaux est égal à 10	
z :	exposant pour les conditions recommandées égale à 1 / 2	
x :	exposant pour les conditions recommandées égale à 1 / 3	
B :	largeur de canal	m
H_{moy}	Profondeur moyenne de l'eau dans le canal	m
m :	Exposant entre 1 et 0,5 pour les canaux alluviales $m=0.7$	
A	Coefficient donné dans l'annexe N°02	
Q	Débit d'eau	m ³ /s
d_0	Diamètre moyen des dépôts dans le canal	mm
a	Paramètre d'un lit de cours d'eau	
m	Pose de talus de la pente	
c	Coefficient de Chézy	
I	Gradient hydraulique	
f	Le facteur de sédimentation,	
D_m	Diamètre moyen de granulats de fond	m
R_h	Rayon hydraulique	m,
ν	Viscosité du mélange eau-sédiments	(m ²)
C	Concentration des matériaux dans la couche de fond	kg/m ³
U	Vitesse moyenne	m/s
$K1, K2, K3, K4$	des coefficients, leurs valeurs sont répertoriées dans l'annexe N°01	
Δ	Densité Absolue ($\gamma_s - \gamma / \gamma_s$):	
$S = (\gamma_s / \gamma)$	Densité relative	
γ_s, γ	Poids spécifiques du sol et de l'eau,	kg/m ³
H_m	Profondeur moyen en m	
v_{moy}	Vitesse moyenne admissible dans la section transversale	m/s
C_y^h	Résistance de sol à la rupture.	
v^*	Taux de dynamique	
ω	section mouillée	m ²
χ	périmètre mouillé	m
Ψ	angle d'équilibre	c°
n	coefficient de rugosité	
P	Paramètre de la parabole pour les canaux stables $P = 2$	
S_{cp}	Le flux de la turbidité	m ³ /s

Liste des figures

Figure (01) Carte pluviométrique de la zone d'étude (extrait de la carte ANRH 1993- ECH : 1/500 000

Figure 02 : Répartition mensuelle des précipitations Station de Babar 1967—2003

Figure (03) : Régime des vents

Figure (04) le site de l'oued El Arab Babar

Figure N°05 Distribution mensuelle des apports liquides

Figure (06) Courbe des normes des précipitations en fonction de l'altitude du relief

Figure (07) : Courbes théoriques des crues d'averses de l'oued El Arab

Figure (08) : La cuvette du barrage Babar

Figure (09) : Les principaux types d'érosion

Figure 10- Répartition des vitesses au-dessus d'une surface régulière.

Figure 11- Lignes d'égale vitesse dans différents types de sections d'écoulement (Chow, 1959).

Figure N°12 Schéma explicatif de la méthode de détermination de la section optimale

Figure N° 13 : Détermination de la pente d'un cours d'eau

Figure N° 14. Schéma de conception Mamedov

Figure N°15 : levé topographique d'oued El Arab Babar

Figure N°16: Profil en long de l'oued El Arab Babar wilaya de Khenchela

Figure N°17 : vue en plan des sections de l'oued El Arab Babar

Figure N°18 : les sections en travers de l'oued de l'oued El Arab barrage Babar

Figure N°19- Le coefficient de la rugosité de l'oued El Arab en fonction de l'angle ψ Ibade Zade

Figure N° 22 : La rugosité en fonction de la profondeur moyenne par différentes méthodes

Figure N° 29-38 : Tracé de la section transversale stable relation JG Ivanenko

Figure N° 39-47 : Tracé de la section transversale stable relation JG Mamédov

Figure N° 48- : Tracé de la section transversale stable relation Maza et Cruickshank

Figure N°49-51: Tracé de la section transversale stable relation de Blench

Figure N° 52-55- :Tracé de la section transversale stable relation de Simons et Albertson

Figure N° 56-58 : Tracé de la section transversale stable relation de GV Glochkov

Figure N°59-62 Tracé de la section transversale stable par différentes méthodes

Liste des Tableaux

Tableau N°1 : Précipitations mensuelles et annuelles Station Babar Période d'observation 1967—2003 (ANRH)

Tableau N°2 : Températures moyennes et extrêmes enregistrées aux différentes stations

Tableau N°3 : Caractéristiques hydrographiques du bassin versant

Tableau N° 4 : Répartition mensuelle et annuel de l'apport liquide (ANRH).

Tableau N°5 : Les débits max et module d'écoulement

Tableau N°6 : Les résultats des diamètres pondérés sur chaque section

Tableau N° 7 : l'angle d'équilibre Ψ° des sections transversales

Tableau N°8 : Principales caractéristiques des tronçons de l'oued El Arab

Tableau N°9: Les résultats de coefficient de rugosité par la formule de Y.A. Ibade-Zadhe

Tableau N° 10 : Résultats de calculs du coefficient de rugosité n par Strickler

Tableau N°11 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Tableau N°12 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Tableau N°13 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Tableau N°14 : Résultats des sections stables par la méthode de l'Ibade Zadhe Section N°04

Tableau N°15 : Résultats des sections stables par la méthode de l'Ibade Zadhe Section N°05

Tableau N°16: Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe Section n°06

Tableau N°17 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe Section 07

Tableau N°18 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe Section 08

Tableau N°19 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe Section 09

Tableau N°20 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe Section 10

Tableau N°21 : Résultats de la largeur stable par la formule de ST Altunin

Tableau N°22 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Tableau N°23- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Tableau N°24- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°03

Tableau N°25- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°04

Tableau N°26- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°05

Tableau N°27- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°06

Tableau N°28- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°07

Tableau N°29- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N° 08

Tableau N°30- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°09

Tableau N°31- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko Section N°10

Tableau N°34 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°01

Tableau N°35 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°02

Tableau N°36 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°03

- Tableau N°37** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°04
- Tableau N°38** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°05
- Tableau N°39** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°06
- Tableau N°40** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°07
- Tableau N°41** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°08
- Tableau N°42** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°09
- Tableau N°43** : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov Section N°10
- Tableau N°44** : Résultats de la largeur stable par la formule de Maza et Cruickshank
- Tableau N°45** : Résultats de la méthode de Blench
- Tableau N°46** : Résultats de la méthode de Simons et Albertson
- Tableau N° 47** : Résultats de la méthode de GV Glochkov
- Tableau N°48** : Récapitulatif des résultats de la largeur stable par les huit méthodes

Liste des Annexes

Annexe I

- Tableau N°49**: Les valeurs des coefficients K dans la relation de Simons et Albertson

Annexe II

Tableau N°50 : Les valeurs de la vitesse $V\Phi$ moyenne du courant lorsque la profondeur est de 1 m, ce qui exclut la possibilité d'érosion, mais garantit le mouvement des particules. Aussi appelée la vitesse de formation

Annexe III

Tableau N°51 : Valeurs des paramètres A et m pour les canaux stables dans la formule d'Altunin

Annexe VI

Tableau N°52 : Les valeurs de paramètre m

-Carte lithologique de la wilaya de Khenchela

-Carte de situation

-Introduction

L'envasement des retenues et des ouvrages de dérivation Algériennes constitue sans doute la conséquence la plus grave de l'érosion hydrique, et un défi à surmonter pour l'Algérie. Le potentiel hydraulique perd annuellement environ 30 millions de mètres cubes, ce qui est énorme. Pour certaines retenues, la sédimentation annuelle peut représenter des valeurs de l'ordre de 6 % du volume total. Les effets néfastes de ce phénomène de l'envasement sont nombreux, allant de la réduction considérable de la capacité d'emmagasinement et de stockage du barrage, jusqu'à la dégradation nette de la qualité de l'eau du barrage et la difficulté de maîtriser la répartition des débits au niveau de dérivations. D'après les études réalisées, il ressort que certains barrages comme par exemple ceux du FERGOUG et des ZARDEZAS finiront par périr si des dispositions radicales ne sont pas prises.

Les barrages de OUED EL FODDA, GHEUB, BOUHANIFIA, K'SOB et FOUM EL GHERZA ne pourront plus garantir les quantités d'eau potable et d'irrigation nécessaires, barrage de dérivation des périmètres irrigués de la Mitidja Ouest qui est permanence envasée ce qui rend la répartition des débits difficile et insuffisante pour les différents périmètres de la Mitidja Ouest.

Il existe plusieurs moyens de lutte contre ce phénomène, les chasses, le dragage ou le soutirage des courants de densité, ou bien la surélévation ou plus encore l'utilisation nouvelle des barrières végétales et autres. Toutes ces méthodes restent partielles elles doivent être précédées d'aménagements hydrotechniques qui vont servir à diminuer le taux de sédiments dans les cours d'eau de l'amont vers l'aval.

Les cours d'eaux naturels sont des environnements complexes, car ils réunissent toutes les échelles du temps et de l'espace. Leur cours est le fruit de millions d'années d'évolution géologique, mais leur morphologie peut être bouleversée en quelques heures par une crue, leurs débits dépendent des précipitations et varient en fonction des conditions locales.

Le cours d'eau vie, il trouve son origine dans une évolution de l'environnement qui oriente ses eaux aléatoirement en fonction du climat et de la topographie. Une fois son cours esquissé, un affrontement incessant (permanent) va s'établir entre les forces hydrodynamiques de l'eau qui érodent et transportent les sédiments du lit et des berges, et les résistances que ceux-ci opposent à l'écoulement.

Les formes du lit d'un oued jouent un rôle prépondérant sur la résistance à l'écoulement. La disposition des particules qui composent les lits des cours d'eau en milieu graveleux par exemple génère des formes de différentes tailles qui entraînent des changements de rugosité et conséquemment, une variabilité spatiale des caractéristiques turbulentes de l'écoulement et de la section transversale.

La forme d'un cours d'eau n'est pas figée. Dans des conditions naturelles, les cours d'eau tendent à établir une combinaison relativement stable entre leurs différentes variables. Du point de vue morphologique, le lit du cours d'eau est fréquemment remanié, cette variation de la section de l'oued ne s'arrête que lorsque la largeur stable est atteinte.

Il existe 3 principaux types d'érosion qui peuvent affecter les berges :

-L'érosion due au courant : lorsque la force tractrice exercée sur les grains dépasse la contrainte qui la maintient en place- il y a, arrachement, transport.

-Le glissement en masse : Il s'agit ici d'un phénomène relié à la mécanique des sols et qui se présente dans des zones avec des talus abruptes. Le principal facteur influençant ce phénomène est la sursaturation en eau des sols constituant les berges et le fond du lit qui a pour effet de réduire la cohésion des grains

- L'éboulement (ou l'effondrement) est un mécanisme de rupture d'un volume de berges cohérentes qui se trouve en surplomb par suite d'un affouillement au pied.

La prévision juste est rigoureuse des lits des cours d'eau dans le cadre d'un recalibrage, afin d'atteindre des conditions normales d'exploitations et d'alimentation d'une retenue d'un barrage de stockage ou de dérivation, s'articule autour de la détermination de l'un des paramètres les plus important qui est la section stable, basée sur les caractéristiques morphologiques et hydrauliques du lit du cours d'eau.

Une section stable est définie comme une section transversale ou la forme, la pente du lit de fond du cours d'eau et la disposition en plan des berges, ce conservent pendant une durée assez importante et les déformations non visible après les différentes crues.

Notre travail a pour objet de décrire l'organisation morphologique du lit du cours d'eau alimentant le barrage Babar et de démontrer les liens entre les éléments de rugosité et l'écoulement à l'échelle de plusieurs sections de cours d'eau afin de mettre en évidence qu'elle est la relation adéquate pour la détermination de la section transversale stable, pour les conditions hydrauliques et des caractéristiques des sols concrètes du bassin versant du barrage de Babar.

Chapitre I

Cadre naturel de l'étude

CHAPITRE I –CADRE NATUREL DE L’ETUDE

La région du projet se situe dans la partie Est de l’Algérie , dans les confins sud de l’atlas saharien et fait partie de la chaîne montagneuse de djahfa.

Oued El Arab prend sa source sur les versants sud de l’atlas à la cote de 1740 m et suit son cours au sud-ouest en traversant la région montagneuse de l’Aurès pour se jeter dans la dépression sans issue du chott Melghigh. L’oued draine les versants sud-est du massif de l’Aurès et les versants nord-ouest.

Dans son cours amont à 4.5 km du site du barrage l’oued bifurque en formant deux confluent qui s’appellent respectivement Tamagra et EL Hatiba (figure 01). Les versants de la vallée dans cette région sont doux et plus loin, au fur et à mesure qu’il s’éloigne de l’oued, ils se transforment en plaine mamelonnée dont la majeure partie est mise en valeur.

I-1--Climat

Les conditions climatiques de la région envisagée sont prédéterminées par sa situation géographique, le caractère de la circulation des courants atmosphériques, le relief du territoire environnant.

La caractéristique des facteurs principaux qui forment le climat est représenté d’après les données des observations fournies par le réseau des stations météorologiques et des postes pluviométriques, implantés au sein de la région d’étude et disposant des données les plus représentatives.

Les observations météorologique dans le bassin de l’oued El Arab proprement dit se bornent par l’enregistrement de la pluviométrie aux postes météo de Khanga sidi nadj , Babar et Bouhmama entrepris de puis 1967. Les observations réalisées au niveau de ces postes ont des lacunes .

I-1-1-Précipitations

La répartition des précipitations à travers le territoire envisagé est assez irrégulière. On note cependant l’échelonnement nettement délimité des précipitations qui augmente avec l’altitude de la surface terrestre.(figure 1)

La répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par deux périodes : Humide (septembre avril) au cours de laquelle il tombe 80 % environ de la somme totale des précipitations et la période sèche (Mai ,Aout). Les précipitations minimales sont au mois de juillet (tableau N°1)

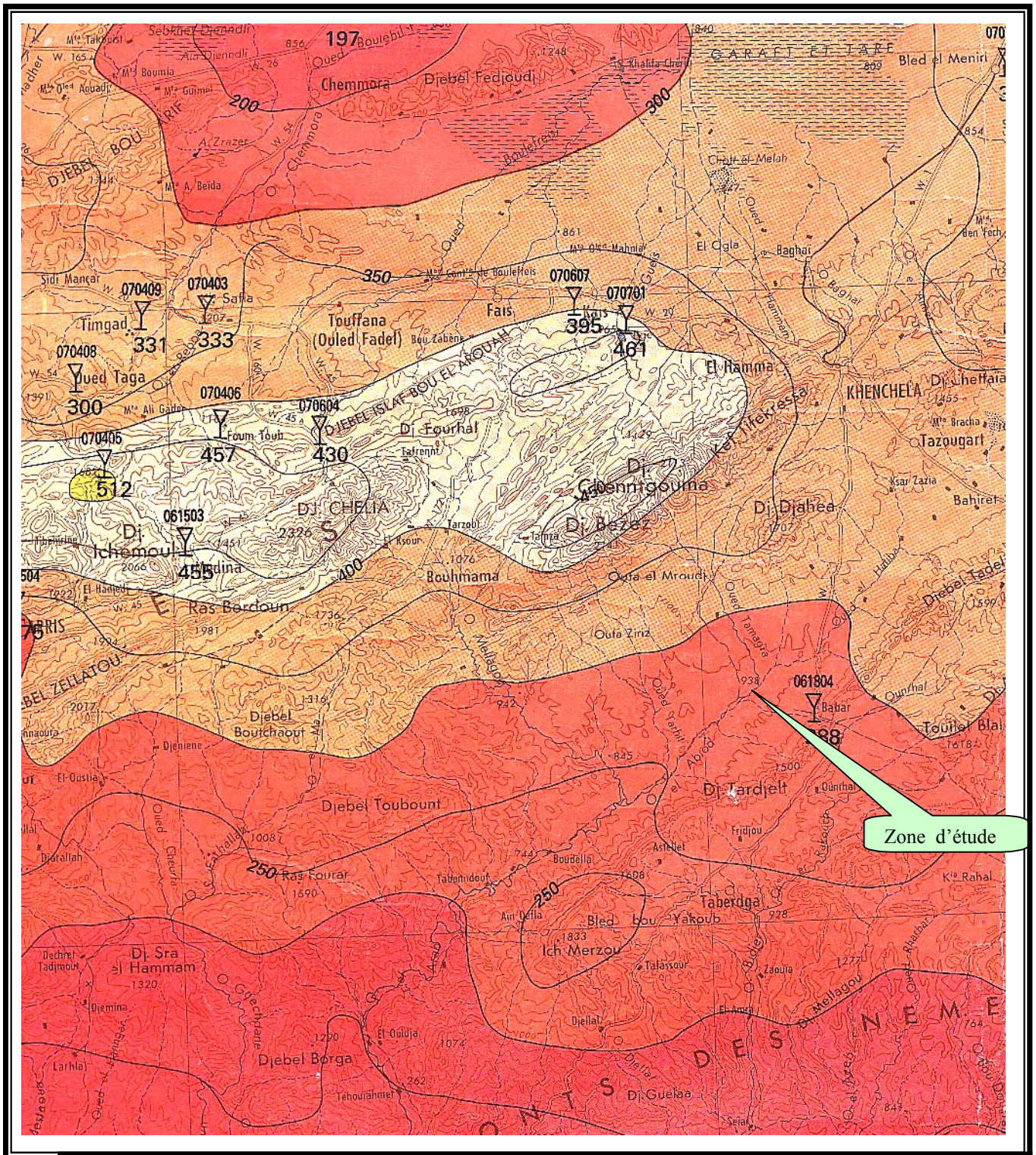


Figure 1 : CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE
 (extrait de la carte ANRH 1993- ECH : 1/500 000

**Tableau N°1 : Précipitations mensuelles et annuelles Station Babar Période
d'observation 1967—2003 (ANRH)**

années	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1967-68	799	0	355	468	64	177	334	340	45	200	0	0	278.2
1968-69	0	875	0	137	201	75	227	372	154	0	0	48	208.9
1969-70	336	34	0	193	55	0	54	288	258	186	0	0	140.4
1970-71	342	206	0	159	89	16	35	0	118	45	359	0	136.9
1971-72	237	245	80	384	289	117	361	287	386	450	0	160	299.6
1972-73	698	360	242	125	210	213	251	469	64	216	22	48	291.8
1973-74	0	42	62	655	6	52	141	147	33	146	143	176	160.3
1974-75	105	21	148	7	62	695	305	307	165	77	58	101	205.1
1975-76	107	65	493	133	228	226	593	185	708	698	362	173	397.1
1976-77	409	97	746	192	410	20	558	433	707	145	0	391	410.8
1977-78	48	0	916	0	0	387	294	177	235	99	0	486	264.2
1978-79	110	811	35	12	118	317	158	541	266	396	58	98	292.0
1979-80	980	287	18	30	177	369	990	210	434	10	0	0	350.5
1980-81	338	24	425	576	60	222	147	160	0	404	0	42	239.8
1981-82	268	0	0	46	56	231	12	525	1128	84	0	131	248.1
1982-83	163	387	573	28	0	63	0	0	274	220	0	104	181.2
1983-84	0	670	111	120	63	985	213	111	0	0	0	32	230.5
1984-85	59	130	200	154	230	83	793	136	299	0	0	0	208.4
1985-86	296	369	64	120	40	541	985	83	145	144	250	282	331.9
1986-87	681	476	97	99	65	429	488	147	153	274	272	298	347.9
1987-88	325	365	119	378	207	78	351	21	483	615	0	372	331.4
1988-89	0	0	252	518	0	0	0	0	109	524	565	895	286.3
1989-90	543	0	0	303	649	0	616	329	130.2	231	0	110.6	507.9
1990-91	1123	205	618	221	237	171	458	384	180	260	166	0	402.3
1991-92	158	668	211	232	184	273	346	335	375	0	90	191	306.3
1992-93	299	213	209	123	85	518	367	121	394	14	77	115	253.5
1993-94	60	0	302	203	190	191	276	125	67	76	415	0	190.5
1994-95	635	412	94	44	445	0	361	263	54	57	693	222	328.0
1995-96	768	288	132	143	585	498	675	268	215	827	0	322	472.1

1996-97	173	0	157	83	95	96	268	303	0	0	480	177	183.2
1997-98	1103	504	341	178	177	322	130	576	194	437	0	196	415.8
1998-99	140	191	95	59	485	45	35	0	102	65	232	195	164.4
1999-00	511	477	765	281	35	10	145	113	195	120	0	0	265.2
2000-01	185	320	43	172	51	56	0	40	308	21	80	21	129.7
2001-02	1086	166	491	138	81	5	15	240	102	137	201	515	317.7
2002-03	49	425	615	180	777	435	180	600	177	496	86	120	414.0
moyenne (1/10 mm)	364.8	259.25	250.25	191.5	186.28	219.89	310.06	239.9	273.03	213	128	194.9	283.1
moyenne (mm)	36.48	25.93	25.03	19.15	18.63	21.99	31.01	23.99	27.3	21.3	12.8	19.49	283.1
Moyenne (%)	12.89	9.16	8.84	6.76	6.58	7.77	10.95	8.47	9.64	7.53	4.52	6.88	100

PRECIPITATIONS (mm)

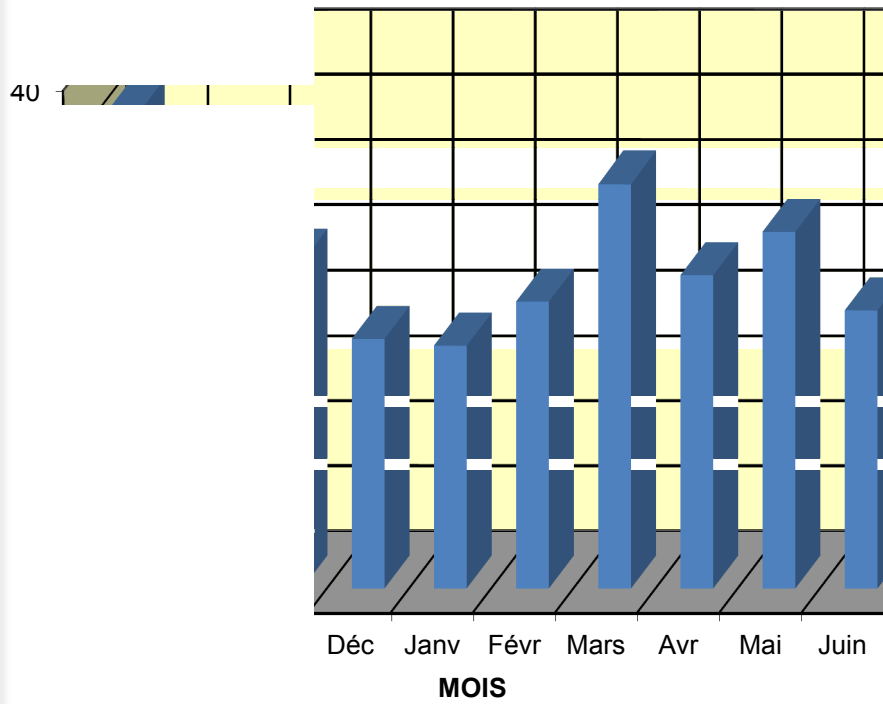


Figure 2 : REPARTITION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS-
STATION DE BABAR -
- Période 1967-2003

I-1-2 -Température de l'air

Le régime de température se caractérise par l'été chaud, sec et l'hiver relativement doux.

La température moyenne interannuelle de l'air varie de 14.0 °C au nord à 21.70 °C au sud.

Le mois le plus froid est janvier dont la température moyenne est dans les limites de 5.20 à 11.7 °C ; mais dans certaines années la température tombe jusqu'à 4°C.

Le mois le plus chaud est juillet dont la température moyenne est entre 25.5 et 33.4 °C .

Les températures extrêmes enregistrées certaines années, peuvent atteindre 49.2 °C . (tableau N°02)

Tableau N°2 : Températures moyennes et extrêmes enregistrées aux différentes stations météo [19]

Station	Valeur De t°C	MOIS												Année
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Batna	moyen	20	14.2	8.7	6.2	5.2	6.3	8.4	11.5	15.7	21.7	25.5	24.7	14
	Max moy	26.6	19.9	13.8	11	10.1	11.1	14.1	17.3	21.9	28.9	33	31.8	20
	Min moy	13.5	8.6	4.1	1.9	0.71	1.8	2.9	5.6	9.3	13.9	17	17	8
	Moy	24.5	18.75	12.75	7.5	7.45	9.45	12.9	16.2	20.5	25.75	28.75	28.1	17.75
El Kantara	Mox abs	39	35	26	25.2	20.6	24.9	29.6	33.7	35	39.8	42	41.6	42
	Min abs	10.8	5	0	-4	-3	-2.2	-1.4	2.4	5.8	11.4	15.6	15.0	-4
	Moy	28	21.6	15.8	12.4	11.7	13.6	16.5	19.8	24.3	30.2	33.4	32.5	21.7
	Max abs	43.5	38.4	29.5	26.5	24	28	31.3	38	40	46	47.5	49.2	49.2
Biskara	Min abs	12	8.2	2	-1	-1.0	0.2	1.0	5.5	8.4	16.4	20.2	19.2	-1.0
	Max abs	42.5	37.7	28.5	27.0	24.5	28	29	36	41.1	45	46.6	45.5	46.6
FOUM	Min abs	7	5.0	1	0	-2.0	-2	00	00	5	7	18	15.1	-2.0

I-1-3-Régime des vents

La caractéristique du régime des vents est représentée par les données d'observations de la station météo de Biskra qui sont les plus complètes.

Les vents dominant sont ceux sud-ouest et ouest .la fréquence moyenne interannuelle

La vitesse maximale moyenne est de 29 m/s, mais elle peut atteindre 58 m/s

Les vitesses maximales de différentes probabilités ont été déterminées sur la base du dépouillement statistique des données d'observations et figurent dans le tableau suivant

Probabilité %	50	20	10	4	2
Vitesse du vent m/s	27	37	44	52	58

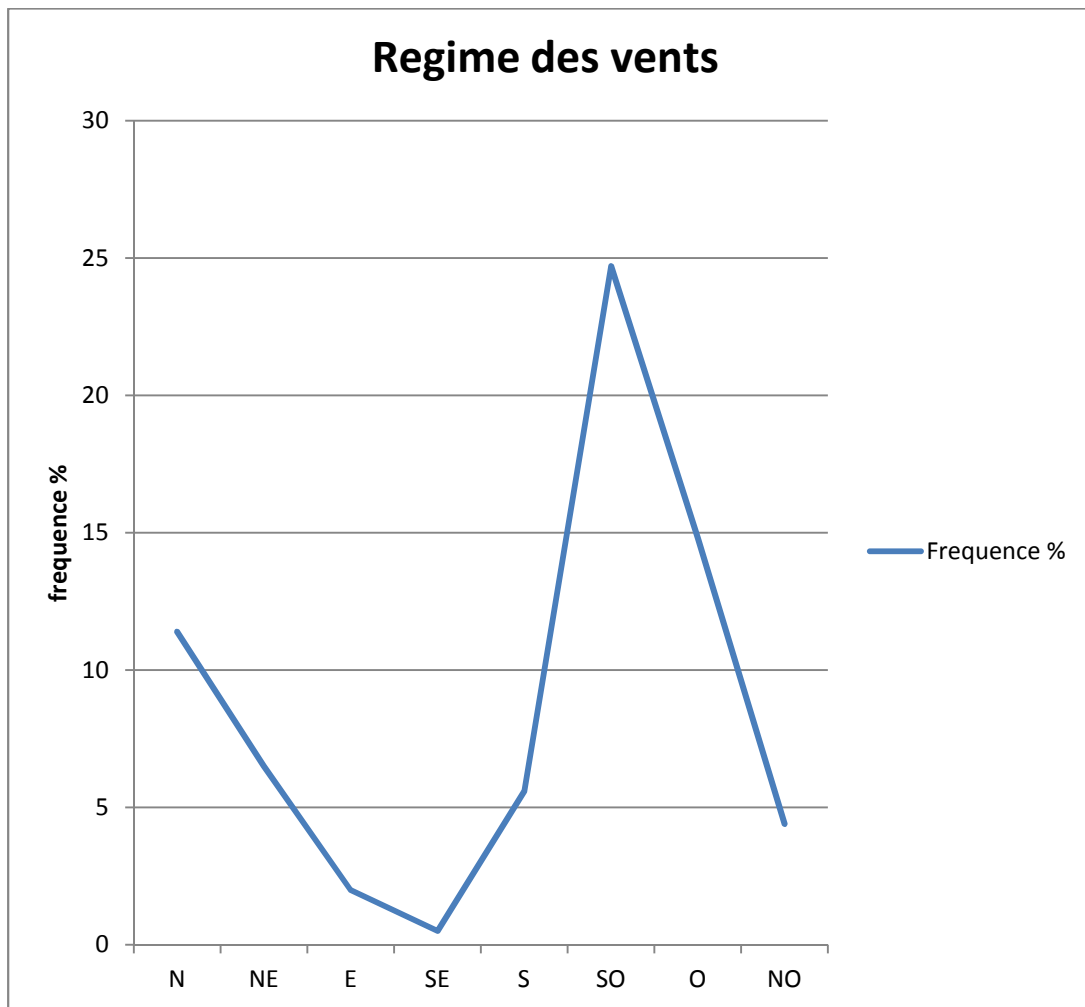


Figure (03) : Régime des vents [19]

I-2-Hydrographie

L'oued El Arab appartient au bassin fermé du chott Melghigh et draine les versants sud du massif de l'Aures et ceux nord-ouest des montagnes de Nememcha

La cote la plus élevée du massif de l'Aures dans les limites du bassin versant est de 2326 m et celles des montagnes des Nememcha 1833m. La cote la plus basse du chott Melghigh est de -14m. [19]

Le bassin ressemblé à une ellipse irrégulière et il est étendu du Nord-Est au Sud-Ouest. Il côtoie à l'ouest le bassin de l'oued dermoun , au Nord-Ouest –celui d'El Arab , au Nord – celui d'El Gueiss , au Nord-Est –celui de Melagou, a l'Est celui d'Ouezzéne.

Le bassin versant de l'oued El Arab est pratiquement complètement constitué à la surface par des marnes et calcaires marneux, remontant au crétacé moyen et supérieur qui sont peu perméables .C'est la partie limitrophe du bassin dans le massif de l'Aures qui est représentée par des dolomies et calcaires du Juras supérieur, ainsi que par des calcaires et grès du crétacé inférieur, à forte et moyenne perméabilité.

Sur le tronçon aval, entre la partie montagneuse et le chott, le bassin versant est constitué des dépôts épais continentaux du pliocène (sables argileux et gravier) recouverts par un complexe quaternaire.

Les formations aquifères sont, pour la plupart, des calcaires et dolomies du Juras supérieur, ainsi que les dépôts alluviaux mornes.

Environ un quart du bassin (versant Sud-est de l'Aures) est recouvert de forêts .

Les affluents principaux de (oued El Arab) sont les oueds Tamagra et Lahtiba qui se jettent du côté de la rive droite. [19]

Les principales caractéristiques hydrographiques de l'oued El Arab et de ses affluents au droit de divers sites figurent sur le tableau N°3

Tableau N°3 caractéristiques hydrographiques du bassin versant [19]

Site de l'oued	Superficie du bassin versant S Km ²	Altitude moyenne du bassin m	Longueur de l'oued L , km	Pente moyenne de l'oued moy m/m
Oued El Arab	1362	1116	69	0.0136
Tamagra	157	-	29	0.0348
Hatiba	591	-	58	0.0138

Le site du barrage Babar se trouve à 4.5 km à l'aval de l'endroit où l'oued Tamagra se rejette dans l'oued El Arab , la partie majeure du bassin jusqu'au site 73.6 % se situe entre les cotes 1000-1300, l'altitude moyenne étant de 1190m (figure N°04) .

Le réseau hydrographique est bien développé et se caractérise par un coefficient de densité égal à 4.8 km/km².

La vallée de l'oued est trapézoïdale par prédominance, en terrasses par endroits, large de 6 à 8 km.

Les versants de la vallée sont peu enherbés, les versants sud-est à partir de 1300 m sont recouverts de forêts (10% du territoire du bassin).ce qui facilite la possibilité de l'érosion du bassin versant

Les terrasses et pentes des vallées relativement douces sont labourées et occupées par des cultures agricoles.

Le lit de l'oued est sinueux et en méandres, constitué des roches en place et partiellement des formations graveleuses. Le lit est érodé à la largeur de 10-25 m, les rives sont abruptes, affouilliez par endroits, hautes de 2.5-3.0 m.

Le lit de l'affluent droit de l'oued Tamagra sur toute sa longueur est coupé par des barrages qui créent la remonté d'eau et donnent la possibilité de prendre de l'eau pour irriguer les vergers situés sur les terrasses dans le lit majeur au-dessus de celui-ci. [19]

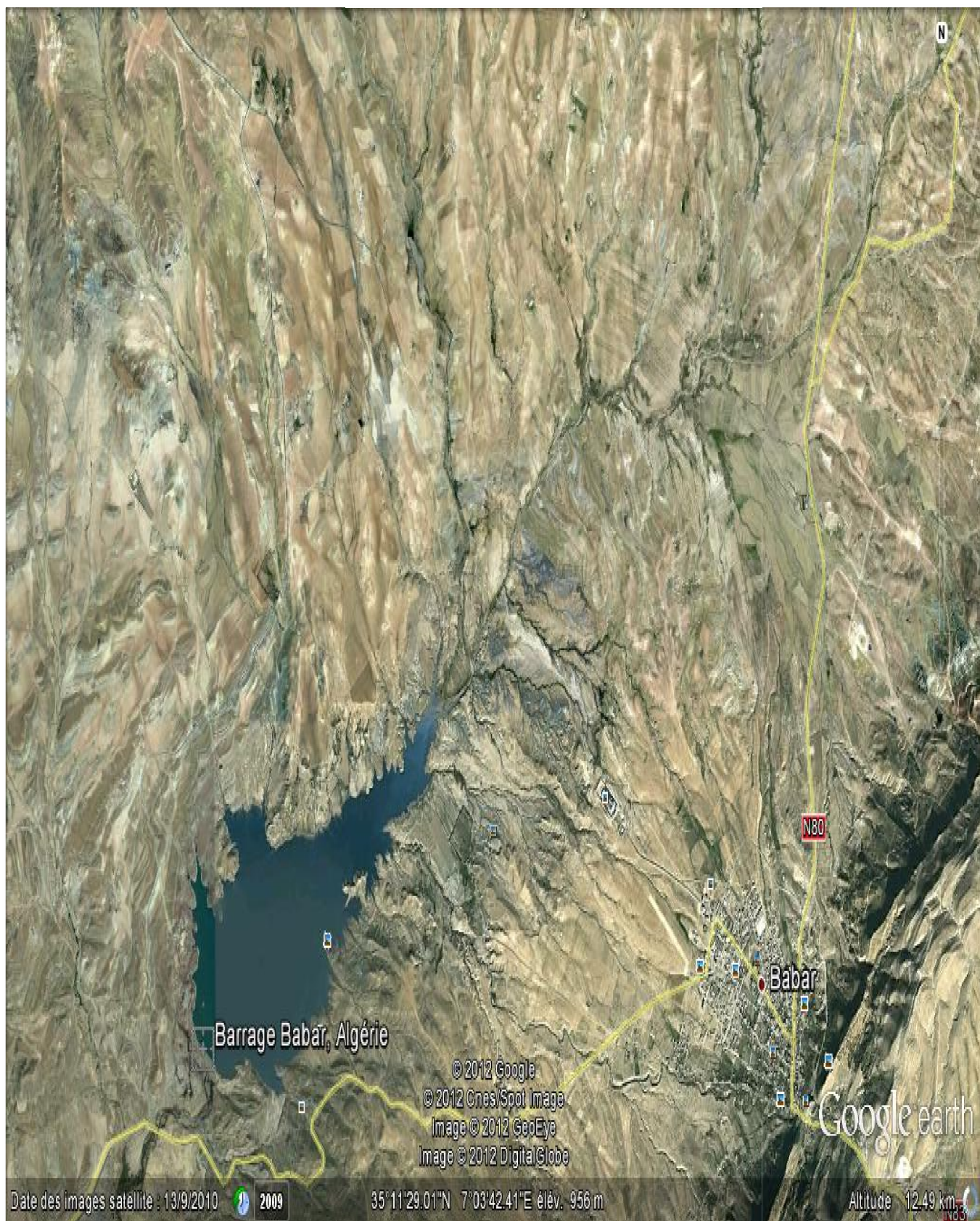


Figure (04) le site de l'oued El Arab Babar (Google earth 2010)

I-3-Distribution mensuelle des apports liquides

La distribution moyenne mensuelle des apports liquides sur oued est portée dans le tableaux N°04 .

Ce sont les précipitations qui jouent le rôle primordial dans la formation des crues sur les cours d'eau .les régimes torrentiels des précipitations dans les conditions du relief montagneux fait que la répartition pluviométrique sur le territoire est assez irrégulière, même au cours d'eau d'une seule pluie.

Les principaux paramètres statiques et les valeurs de calcul des débits et apport maxima des crues de l'oued El Arab sont regroupés dans le tableau N° 04

Tableau N° 4. Répartition mensuelle et annuel de l'apport liquide (ANRH).

Années	Sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1967-68	184.17	0.00	36.36	63.18	1.18	9.04	32.18	33.35	0.58	11.54	0.00	0.00	2232.72
1968-69	0.00	220.87	0.00	5.41	11.66	1.62	14.87	39.92	6.84	0.00	0.00	0.66	1258.92
1969-70	32.57	0.33	0.00	10.75	0.87	0.00	0.84	23.93	19.20	9.98	0.00	0.00	568.66
1970-71	33.74	12.24	0.00	7.29	2.29	0.07	0.35	0.00	4.02	0.58	37.18	0.00	540.66
1971-72	16.20	17.32	1.85	42.54	24.09	3.95	37.60	23.76	42.98	58.42	0.00	7.39	2589.43
1972-73	140.55	37.39	16.89	4.51	12.72	13.09	18.17	63.46	1.18	13.46	0.14	0.66	2456.35
1973-74	0.00	0.51	1.11	123.77	0.01	0.78	5.74	6.23	0.31	6.15	5.90	8.94	741.29
1974-75	3.18	0.13	6.32	0.01	1.11	139.34	26.84	27.19	7.85	1.71	0.97	2.94	1213.53
1975-76	3.30	1.22	70.12	5.10	15.00	14.73	101.44	9.87	144.61	140.55	37.80	8.63	4549.04
1976-77	48.26	2.71	160.55	10.63	48.49	0.12	89.82	54.09	144.20	6.07	0.00	44.10	4868.34
1977-78	0.66	0.00	242.05	0.00	0.00	43.21	24.94	9.04	15.93	2.83	0.00	68.14	2013.66
1978-79	3.49	189.74	0.35	0.04	4.02	28.99	7.20	84.43	20.41	45.24	0.97	2.77	2459.72
1979-80	277.06	23.76	0.09	0.26	9.04	39.28	282.74	12.72	54.34	0.03	0.00	0.00	3544.02
1980-81	32.96	0.17	52.11	95.71	1.04	14.22	6.23	7.39	0.00	47.09	0.00	0.51	1658.89
1981-82	20.72	0.00	0.00	0.61	0.90	15.39	0.04	79.51	367.06	2.04	0.00	4.95	1775.72
1982-83	7.66	43.21	94.72	0.23	0.00	1.14	0.00	0.00	21.66	13.96	0.00	3.12	947.19
1983-84	0.00	129.50	3.55	4.15	1.14	279.89	13.09	3.55	0.00	0.00	0.00	0.30	1532.72
1984-85	1.00	4.88	11.54	6.84	15.26	1.99	181.41	5.34	25.79	0.00	0.00	0.00	1252.90
1985-86	25.28	39.28	1.18	4.15	0.46	84.43	279.89	1.99	6.07	5.98	18.03	22.94	3177.86
1986-87	133.79	65.36	2.71	2.83	1.22	53.09	68.70	6.23	6.75	21.66	21.34	25.62	3491.64
1987-88	30.47	38.43	4.09	41.22	12.36	1.76	35.54	0.13	67.30	109.11	0.00	39.92	3168.29
1988-89	0.00	0.00	18.32	77.41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.43	79.21	92.09	231.08	2364.63
1989-90	85.06	0.00	0.00	26.49	121.51	0.00	109.47	31.23	489.04	15.39	0.00	352.88	7441.78
1990-91	363.81	12.12	110.18	14.09	16.20	8.44	60.51	42.54	9.35	19.50	7.95	0.00	4668.96
1991-92	7.20	128.73	12.84	15.53	9.77	21.50	34.54	32.38	40.57	0.00	2.34	10.52	2706.54
1992-93	25.79	13.09	12.60	4.36	2.08	77.41	38.86	4.22	44.78	0.06	1.71	3.82	1853.86
1993-94	1.04	0.00	26.31	11.89	10.41	10.52	21.98	4.51	1.30	1.67	49.68	0.00	1046.91

1994-95	116.32	48.97	2.55	0.56	57.13	0.00	37.60	19.95	0.84	0.94	138.54	14.22	3103.62
1995-96	170.15	23.93	5.03	5.90	98.73	71.54	131.44	20.72	13.34	197.30	0.00	29.91	6429.66
1996-97	8.63	0.00	7.11	1.99	2.60	2.66	20.72	26.49	0.00	0.00	66.47	9.04	968.21
1997-98	350.97	73.28	33.55	9.14	9.04	29.91	4.88	95.71	10.86	55.09	0.00	11.08	4987.57
1998-99	5.65	10.52	2.60	1.00	67.86	0.58	0.35	0.00	3.00	1.22	15.53	10.97	779.69
1999-00	75.33	65.64	168.83	22.78	0.35	0.03	6.07	3.68	10.97	4.15	0.00	0.00	2028.93
2000-01	9.87	29.54	0.53	8.53	0.75	0.90	0.00	0.46	27.37	0.13	1.85	0.13	485.29
2001-02	340.24	7.95	69.55	5.49	1.89	0.01	0.06	16.62	3.00	5.41	11.66	76.51	2911.75
2002-03	0.69	52.11	109.11	9.35	174.17	54.59	9.35	103.85	9.04	70.97	2.13	4.15	4944.48
moyenne (1/10 (mm))	38.40	19.39	18.07	10.58	10.01	13.95	27.73	16.60	21.51	13.11	4.73	10.96	2312.20
Moyenne (mm)	0.38	0.19	0.18	0.11	0.10	0.14	0.28	0.17	0.22	0.13	0.05	0.11	23.12
Moyenne (%)	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	2.88

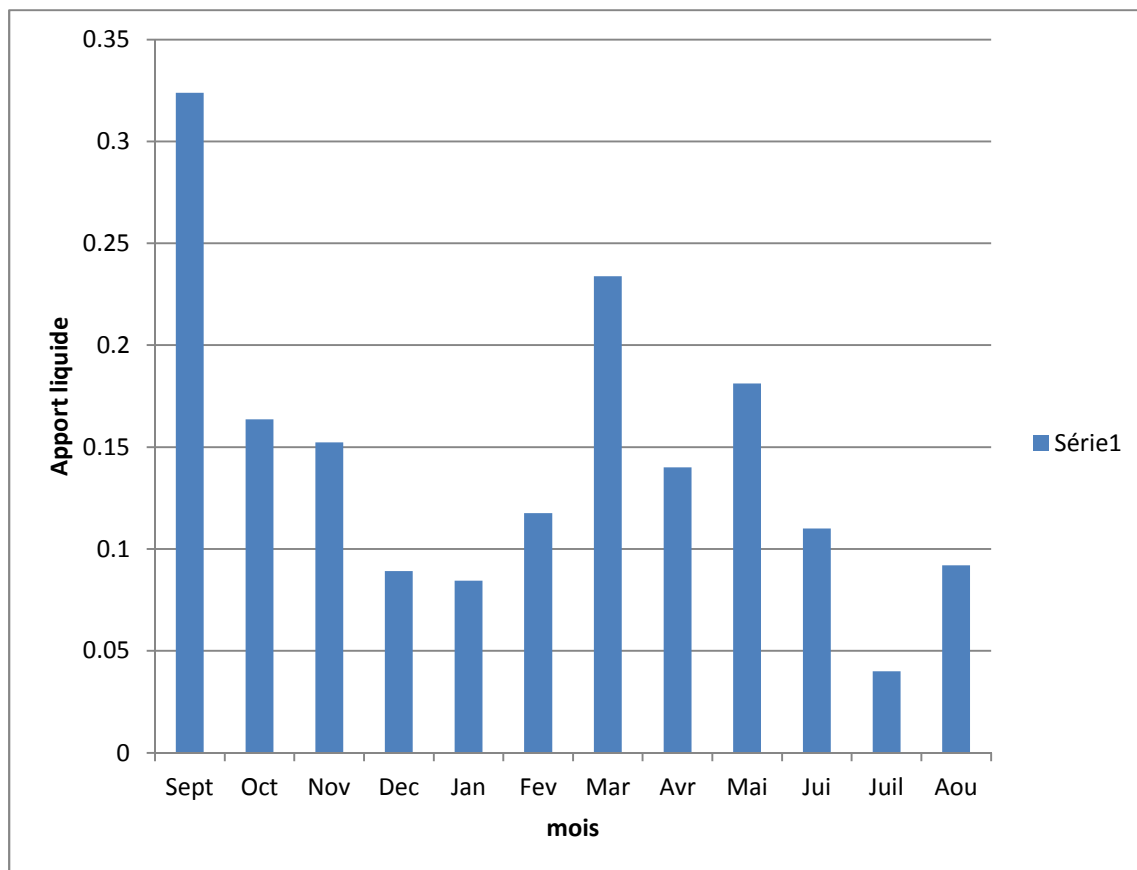


Figure N°05 Distribution mensuelle des apports liquides

Tableau N°5 Les débits max et module d'écoulement [19]

Caractéristique	unité	Probabilité					
		0.01	0.1	0.5	1	3	10
Débit et module d'écoulement	m3/s	3788	2275	1650	1381	975	534
	m3/s/km2	6.68	4.01	2.91	2.44	1.72	0.94
Apport des crues et lame d'écoulement	10 ⁶ m3	60.4	36.2	26.20	22.1	15.7	8.65
	mm	106	64.0	46.3	39.0	27.70	15.30

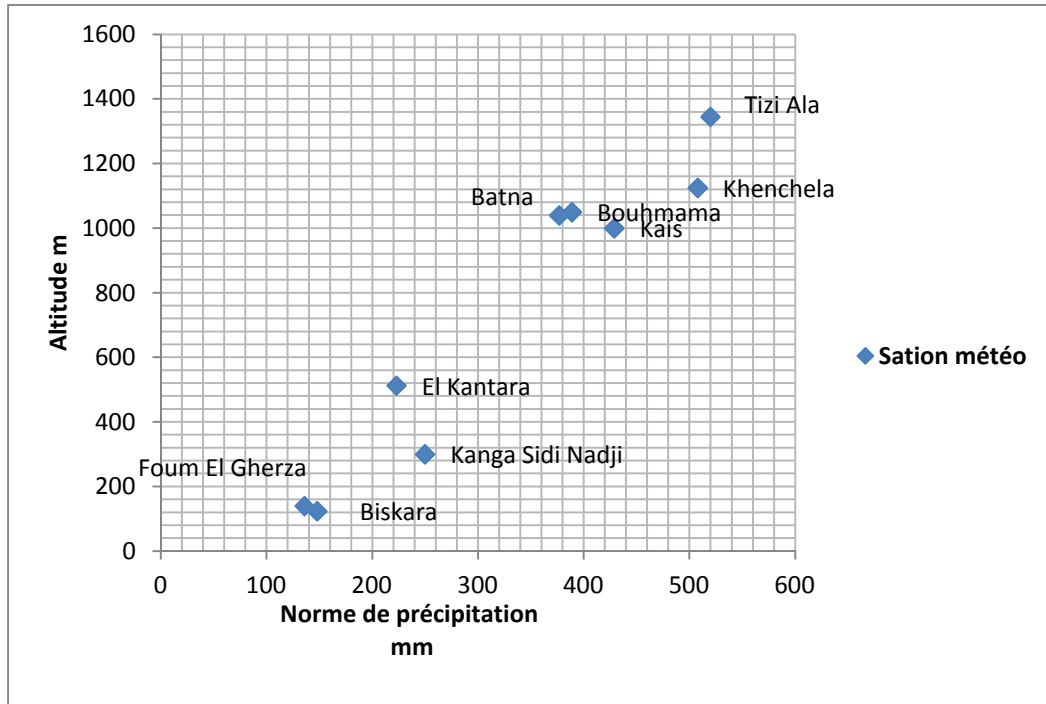


Figure (06) Courbe des normes des précipitations en fonction de l'altitude du relief

I-4-Hydrogramme de calcul des crues

L'hydrogramme de calcul des crues sont établis d'après les débits maxima et les apport de crue de probabilité identique .La forme des hyrogrammes de calcul au droit du site de barrage de Babar à été adoptée d'après le modèle de la plus grande crue qui a été observé sur l'oued El Arab en septembre 1974 et dont la forme était régulière à un seul sommet ce qui considéré comme cas le plus défavorable pour le fonctionnement des ouvrages L'hyrogramme de calcul des crues est représenté sur la figure 07.

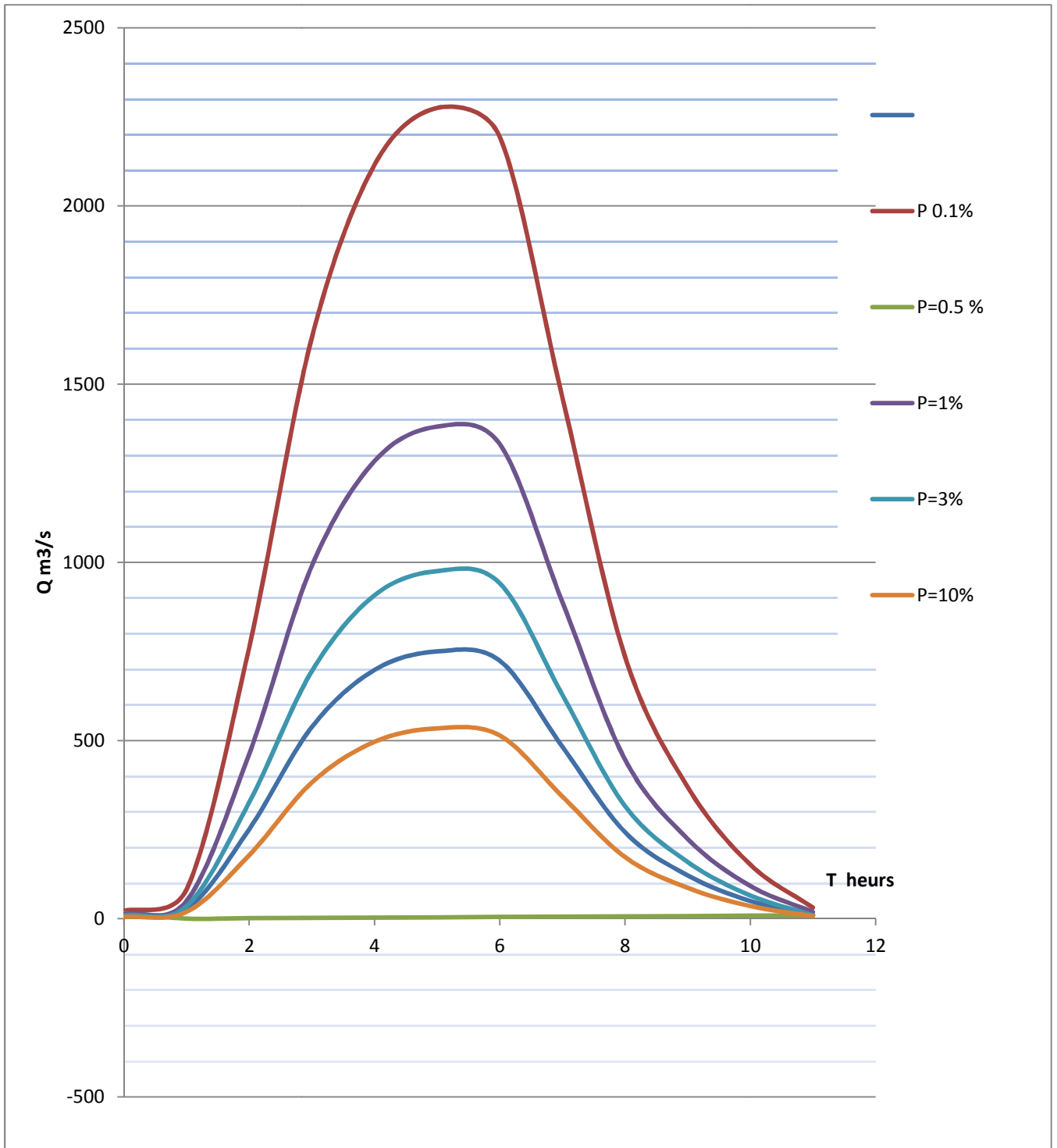


Figure (07) : Courbes théoriques des crues d'averses de l'oued El Arab Babar [19]

I-5-Les conditions hydrogéologiques de la région:

Les conditions hydrogéologiques de la région se distinguent par une certaine particularité ce qui s'explique par toute une série de facteurs : morphologie complexe de la vallée de l'oued, érosion forte de ses pentes : prédominance des marnes dans le substratum qui affleure la surface sur une partie du territoire étudié [19].

Dans le cycle annuel même dans la zone du développement des alluvions relativement bien perméable et jusqu'à (1m) dans le massif marneux composant les rives . En cas de montée courte de la nappe souterraine celle-ci se décharge par le réseau hydrographique dense et profondément entaillé.

I-6-Les nappes

La surface de la nappe est pratiquement plane à pente douce vers l'oued. Ce ne sont que les terrains graveleux au remplissage sableux qui se saturent rapidement au cours des crues de courte durée .dans l'assise marno-calcaire et alluvions limoneuses, la variation du plane de la nappe ne fait que les premières, dizaines de centimètres par rapport à la situation habituelle. La nappe phréatique proprement dite appartient a la partie en terrassés (du lit de l'oued) où les alluvions aquifères surtout de (galets graviers) se distinguent par une teneur élevée en eau et une forte perméabilité par rapport aux roches mères. Le niveau de la nappe phréatique constaté par fragments se maintient à la profondeur de 2.5 à 7m

I-7- Caractéristique générale de la retenue de Babar

La cuvette de la retenue dans la vallée amont de l'oued qui y s'appelle l'oued El Arab du point de vue administratif, elle se trouve sur le territoire de la wilaya de Khenchela . La longueur maximale de retenue est de 05 Km , la largeur est de 02 Km (figure 8). La capacité totale de la retenue est 41 million m³/an , le volume régularisé est de 12 million m³/an , le barrage de Babar est désigné à l'irrigation de 750 hectares avec un volume de 6 million m³/an et l'alimentation en eau potable de la zone sud de la wilaya de Khenchela d'une population de 50.000 habitants avec un volume de 6 million m³/an

Les eaux de l'oued El Arab sont chargées en transports en suspension et en transport charriés, dont la grande partie se dépose dans la cuvette de la retenue, sauf les particules argileuses qui se trouvent dans l'état colloïdal.



Figure (08) : La cuvette du barrage Babar

Conclusion

Le climat de l'oued El Arab s'est distingué par des alternances de périodes sèches et de périodes pluvieuses, ces variations de la pluviosité peuvent avoir une influence sur le taux d'érosion hydrique dans le bassin versant. Les dernières décennies ont été particulièrement sèches.

Les mesures bathymétriques réalisées en avril 2004 par ANBT dégagent quand même une tendance montrant la variabilité du taux de l'érosion dans le bassin versant donc du transport solide et son dépôt dans la cuvette des barrages en fonction du taux moyen de précipitations et ceci est constaté dans le barrage Babar.

L'importance qu'exerce le facteur climatique (précipitation) sur le taux d'érosion hydrique dans la région d'étude, érosion hydrique quantifiable en partie sous forme de dépôts de sédiments qui est due directement aux forts taux d'érosion des bassins versants, dont les particules solides sont drainées directement par les cours d'eau et provoqueront à l'entrée des retenues des courants de densité.

Cette sédimentation qui provoque l'envasement pose d'énormes problèmes à savoir; la réduction de la capacité, l'obturation des organes de vidange, la sécurité de l'ouvrage, la sédimentation des canaux d'irrigation et elle a même un impact sur la qualité de l'eau.

Pour réduire le problème de la sédimentation au niveau de la cuvette de barrage Babar, il est primordial de procéder à un recalibrage de l'oued à l'amont du barrage avec une section stable.

Chapitre II

Rappel théorique

CHAPITRE II - RAPPEL THEORIQUE

II-1-Introduction sur les aménagements des cours d'eau

II-1-1-Lit mineur, lit moyen, lit majeur

Le lit mineur est l'espace occupé par l'écoulement des crues courantes. Il est toujours constitué de plusieurs chenaux bien marqués. Le tracé du lit mineur peut se déplacer plus ou moins rapidement selon la dynamique du cours d'eau. Dans le cas des cours d'eau à bras multiples séparés par des bancs, le lit mineur est composé par l'ensemble du lit et des bancs non fixés par la végétation.

Le lit majeur est la plaine inondable. Il est limité par les plus hautes eaux. Les parties extrêmes du lit majeur ne sont mises en eau que pour les crues extrêmes avec une hauteur d'eau assez faible. Les vitesses d'écoulement y sont faibles et les particules les plus fines (limons, argiles) se déposent par sédimentation. Ces zones sont généralement extrêmement plates et les limites précises du lit majeur ne sont pas faciles à délimiter dans les grandes plaines alluviales.

Pour certains cours d'eau, il peut être distingué un lit intermédiaire (ou moyen) qui est inondé pour des crues dont la période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans et qui est constitué de bancs éventuellement végétalisés. [7]

Du point de vue hydraulique, le lit moyen participe aux écoulements des crues alors que le lit majeur joue plutôt un rôle de stockage. Du point de vue morphologique, le lit moyen est fréquemment remanié, cette variation de la section stable de l'oued ne s'arrête que lorsque la largeur stable est atteinte (on définit comme une bande active)

II-1-2-La modification des berges

Il existe 3 principaux types d'érosion qui peuvent affecter les berges (figure 09) :

-L'érosion due au courant : lorsque la force tractrice exercée sur les grains dépasse la contrainte qui la maintient en place- il y a transport, arrachement.

-Le glissement en masse : Il s'agit ici d'un phénomène relié à la mécanique des sols et qui se présente dans des zones avec des talus abruptes. Le principal facteur influençant ce phénomène est la sursaturation en eau des sols constituant les berges et le fond du lit qui a pour effet de réduire la cohésion des grains. [1] ,[6],[7]

- L'éboulement (ou l'effondrement) est un mécanisme de rupture d'un volume de berges cohérentes qui se trouve en surplomb par suite d'un affouillement au pied.

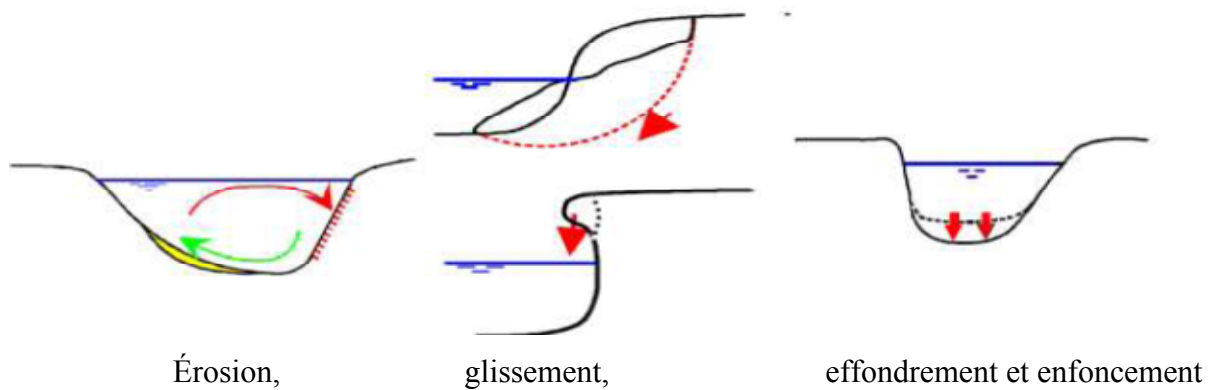


Figure (09) : Les principaux types d'érosion

La morphologie du cours d'eau résulte de l'action du climat sur les roches du bassin, plus ou moins protégées par un couvert végétal. Le régime des précipitations sur le bassin conditionne les débits liquides et solides, la fourniture des matériaux du lit et la capacité de la rivière à modeler ces matériaux.

La forme d'une rivière n'est pas figée. Dans des conditions naturelles, les rivières tendent à établir une combinaison relativement stable entre leurs différentes variables constitutives :

- les variables indépendantes ou variables de contrôle,
- les variables dépendantes ou variables de réponse

II-1-3-Variables de contrôle et variables de réponse

Les variables de contrôle sont imposées au cours d'eau par la géologie et le climat, alors que les variables de réponse sont plutôt des degrés de liberté dont dispose le cours d'eau pour accomplir ses fonctions de base, c'est à dire transporter un débit liquide et une charge solide, les variables de contrôle sont le débit liquide, le débit solide, la géométrie de la vallée (la pente en particulier), la nature du boisement du bassin versant, les caractéristiques granulométriques et mécaniques des matériaux du lit et des berges et la couverture végétale riveraine. Les variables de réponse (ou d'ajustement) sont :

- Les paramètres géométriques, largeur, profondeur, pente du fond, amplitude et longueur d'onde des sinuosités
- la taille des sédiments transportés ;
- la vitesse du courant

II-2-Typologie des aménagements des cours d'eau

II-2-1- Introduction

L'aménagement concerne toutes les interventions visant à accélérer l'écoulement en augmentant la débitante, par détermination de la largeur stable de la section transversale, par modification du tracé en plan, de la géométrie en travers, de la pente et de la rugosité d'un cours d'eau. Sont inclus les ouvrages longitudinaux et transversaux de stabilisation (seuils) qui accompagnent généralement des interventions pour maintenir une forme hydraulique efficace. Les actions d'entretien du lit comme les curages et dragages se combinent souvent aux actions de chenalisation.

II -2-2--Objectifs et méthodes

Les aménagements des cours d'eau de taille moyenne répondent globalement à 6 types d'objectifs qui ne sont pas exclusifs les uns des autres :[11],[21]

- * contrôle local des crues
- * assainissement des terres
- * contrôle de l'érosion des berges
- * contrôle de l'érosion du fond
- * amélioration piscicole
- * loisirs

Un cours d'eau possède divers paramètres pour évacuer un débit donné :

- 1) Les paramètres géométriques, largeur, profondeur, pente du fond, amplitude et longueur d'onde des sinuosités.
- 2) La taille des sédiments transportés.
- 3) La vitesse du courant.

II-2-3. Classification des interventions selon la nature des travaux

La classification regroupe les interventions en trois catégories (entretien, terrassements, ouvrages)

II -2-3-1- Classification selon les objectifs et les impacts

Une approche basée sur les objectifs des interventions, et sur une estimation de leurs impacts sur la dynamique et la diversité du milieu a été proposée par MALAVOI (1990) qui distingue les interventions visant à stabiliser, réparer un cours d'eau [21]

II-2-4- Stabilisation

La stabilité ou l'instabilité d'un talus est influencée par :

1. La résistance mécanique du sol
2. La résistance aux forces d'arrachement de l'écoulement
3. Le suintement des parois
4. Les glaces

La stabilité d'un cours d'eau (section et talus) n'est pas un phénomène simple à décrire. La stabilité générale d'un cours d'eau est fonction de la vitesse d'écoulement ou de la force d'arrachement, ou de la pente de compensation alors que celle des talus est fonction de la stabilité mécanique du sol, de la résistance aux forces d'arrachement, de la résistance au suintement et à la glace. De façon générale plus un cours d'eau est large par rapport à sa profondeur, et que plus la pente des talus est faible, plus il est stable.

La connaissance et l'expérience des phénomènes liés à la vie et à la dégradation des cours d'eau aide à aménager des cours d'eau plus stables.

II-3-Envasement des barrages

II-3-1- L'influence des cours d'eau sur l'envasement du barrage

La sédimentation des barrages est un phénomène naturel très complexe qu'il faut l'étudier de l'amont à l'aval du barrage. Les conséquences de ce phénomène sont extrêmement gênantes. Elle a un impact au niveau du réservoir lui même, mais aussi en amont et en aval du barrage. Le mécanisme de la sédimentation et plus particulièrement les courants de densité restent l'étape la plus délicate de ce processus et leur maîtrise aboutira directement à la proposition des méthodes de lutte adéquates

La présence de la retenue entraîne des hauteurs d'eau temporaires pour les cours d'eau qui s'y jettent et qui deviennent propices au dépôt de sédiments dans des zones d'eau relativement calme. Ces cours d'eau subissent les effets du remous qui se traduisent par l'envasement du lit en amont du réservoir et l'élargissement des zones inondables

Des matériaux fins sont prélevés sélectivement au fond du lit jusqu'à ce qu'un fond stable et "pavé" s'établisse et que le lit rectifie sa pente. Les formes de retenue sont sensibles aux principaux phénomènes physiques qui agissent sur la masse d'eau, tels que la formation des vagues sous l'effet du vent, la stratification thermique, les oscillations de niveau et la diffusion des sédiments apportés par le cours d'eau.

II-3-2-Quelques solutions pour diminuer l'envasement de retenues

Une retenue constitue en quelque sorte un piège à sédiments de grande envergure. Les matériaux transportés par le cours d'eau vont se déposer, les matériaux charriés vont contribuer à la formation d'un delta en tête de retenue, les matériaux les plus fins vont se décanter sur toute la longueur de la retenue jusqu'au barrage.

La conséquence de l'envasement d'une retenue est la perte de capacité utile du réservoir. Réalisation coûteuse d'ouvrages de protection contre l'entrée des sédiments dans la retenue, la solution consiste à prévoir des aménagements à l'amont du barrage.

Dans l'étude du transport solide, il faudra bien sur déterminer les quantités de sédiments transportés, mais aussi définir les proportions respectives des différentes catégories de matériaux, de façon à pouvoir, par le calcul, prévoir la conformation des dépôts (pente, répartition) qui conditionnera la nature et l'efficacité des aménagements à projeter.

Parmi les solutions de diminution de l'envasement de la retenue on peut citer
-Détermination de la section stable de l'oued sur une distance définie par le taux de sédimentation admissible à l'entrée de la retenue.

-Les bassins de décantation qui ce sont des ouvrages exclusivement conçus pour favoriser le dépôt des sédiments par réduction de la vitesse du courant, bassins de délimonage ou de dessablage. qui sont implantés à l'amont du l'oued qui diverse dans la retenue pour limiter l'entrée des sédiments.

La mesure du transport solide permettra de prévoir les caractéristiques d'un bassin suivant la fonction qu'il doit remplir, a longueur qui sera liée à la composition granulométrique des matériaux transportés, la capacité, la durée de vie et le mode d'exploitation.

-L'évacuation par des vannes: utilise le phénomène des courants de densité.

Il permet d'évacuer des quantités appréciables de sédiments en limitant les pertes en eau, ce qui est intéressant dans le cas de retenues interannuelles.

-Les chasses : la turbulence créée par leur ouverture remet les sédiments en suspension, il a s'évacuent d'eux-mêmes par la chasse. Les pertes en eau sont importantes.

II-4-Méthodes de détermination de la section transversale optimale dans les lits des cours d'eau homogènes

La stabilité et le processus de l'érosion d'un cours d'eau est un problème complexe qui dépend non seulement du type de matériaux qui compose le lit et des vitesses d'écoulement, mais aussi de la granulométrie des particules de sol dans le lit, la présence ou l'absence de cohésion dans le sol, la présence ou l'absence de végétation, l'âge du cours d'eau ou du canal, la profondeur d'écoulement, la présence ou l'absence de matériaux charriés par l'eau. De façon schématique, un cours d'eau s'érode lorsque les forces d'arrachement provoquées par l'écoulement sont plus grandes que les forces de résistance des particules de sol ou des agrégats qui forment le périmètre mouillé. Les forces d'arrachement sont le résultat des forces de cisaillement provoquées par le gradient de vitesse de l'écoulement au contact de la paroi figure N°10

$$\tau = - \mu \frac{dv}{dy}$$

τ = taux de cisaillement (N/m²)

μ = viscosité dynamique du fluide (Poi)

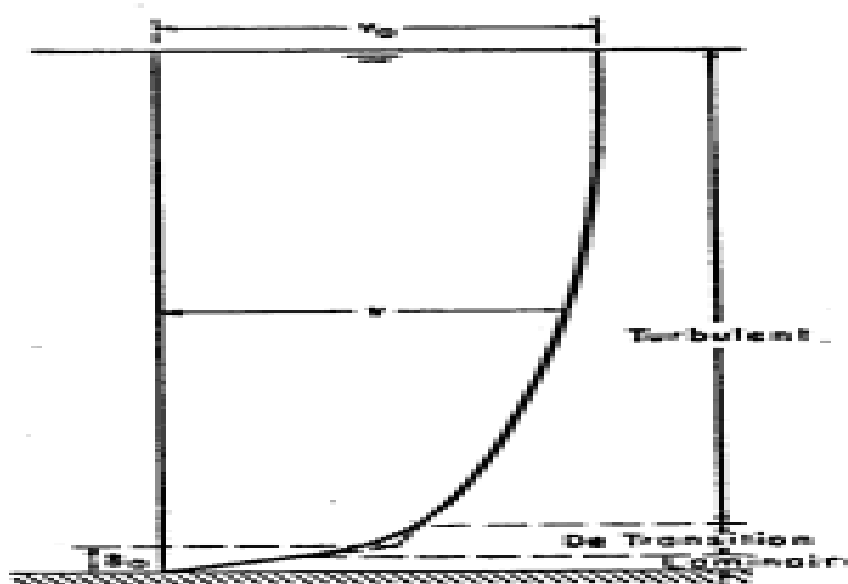


Figure 10- Répartition des vitesses au-dessus d'une surface régulière.

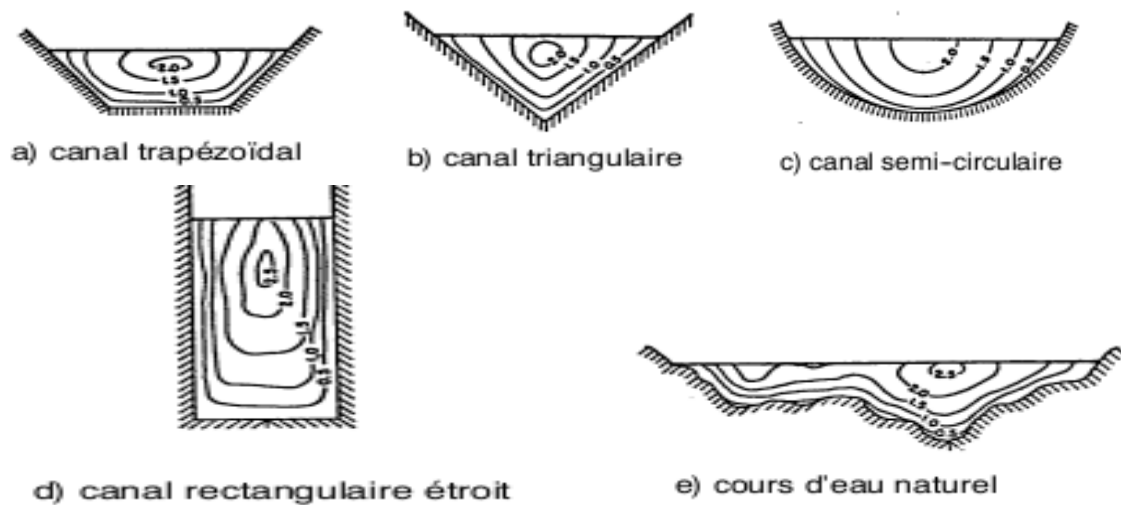


Figure 11- Lignes d'égal vitesse dans différents types de sections d'écoulement (Chow, 1959).

Le gradient de vitesse est très élevé au contact de la paroi. il dépend de la forme du canal ou du cours d'eau. La concentration des courbes d'égal vitesse montre des gradients plus élevés en certains points du canal. Plus le canal est étroit et plus les talus ou les parois font face à un gradient de vitesse élevé par rapport à celui du fond. Dans le cas du canal rectangulaire étroit les talus auront tendance à s'éroder plus facilement que le fond et le matériau érodé aura tendance à se déposer au fond du canal car les vitesses et le gradient de vitesse sont plus faibles figure N°11.

La plupart des relations de calcul de la section stable ont été traitées dans une approche explicite de façon à obtenir la profondeur du niveau d'eau et de la largeur et la pente du lit du cours d'eau.

II-4-1-La méthode de Y.A .IBADE ZADHE

Pour la détermination de la forme de la section transversale, Y.A .Ibade Zadhe prend une colonne d'eau élémentaire du courant (figure 12). Le travail accompli par cette colonne d'eau pendant son déplacement sur une distance L : [22]

$$dN = \rho \cdot g \cdot y \cdot V_x \cdot (h_1 - h_2) \cdot dx \dots \dots \dots (1)$$

Ou :

V_x : vitesse de déplacement de la colonne élémentaire

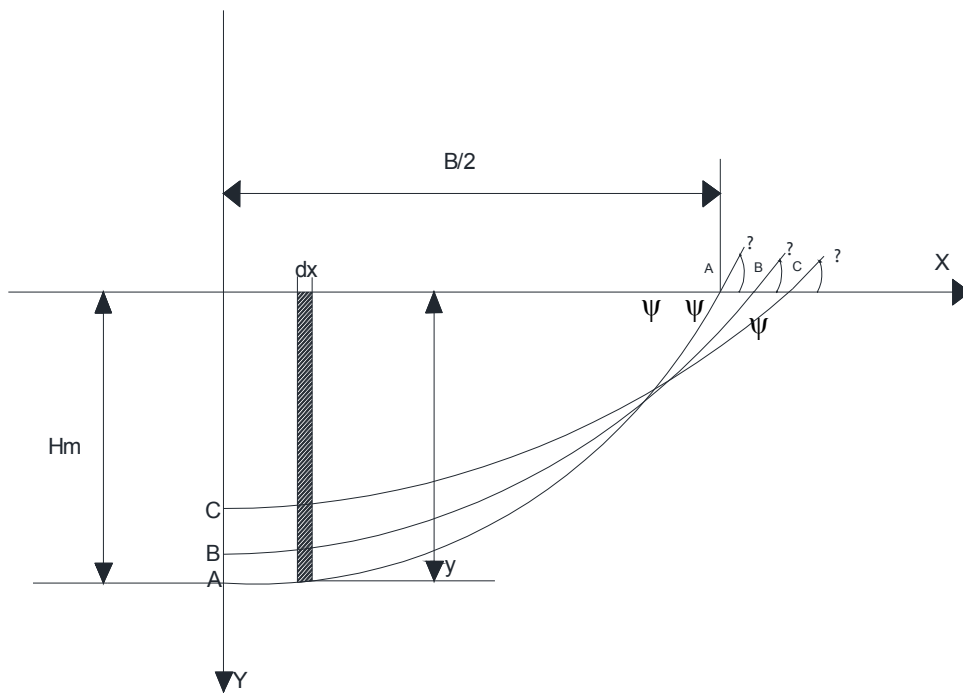


Figure N°12 Schéma explicatif de la méthode de détermination de la section stable
 ψ :angle d'équilibre dynamique qui est l'angle du talus de la section à prés l'érosion de la section

La pente du cours d'eau :

$$i = (h_1 - h_2)/L$$

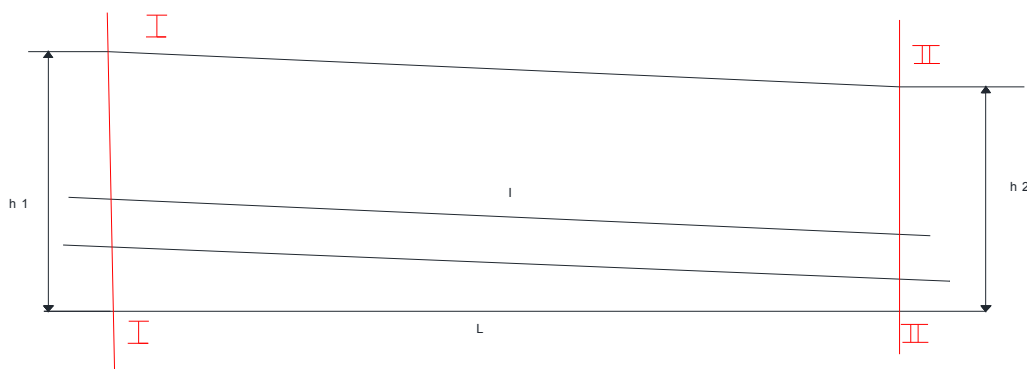


Figure N° 13 : Détermination de la pente d'un cours d'eau

Le travail total :

$$N = 2 \int_0^{B/2} \rho \cdot g \cdot y \cdot v_x \cdot l \cdot dx = 2 \rho \cdot g \cdot l \cdot \int_0^{B/2} v_x \cdot y dx \dots \dots \dots (2)$$

La vitesse moyenne du courant d'eau en régime uniforme est déterminée par la formule de Chézy :

$$R_x = \frac{\omega}{\chi} = \frac{y}{\sqrt{1 + \gamma}} \dots \dots \dots (3)$$

Et

$$v_x = \frac{C \cdot y^{1/2} \cdot I^2}{(1 + \gamma)^{1/4}} \dots \dots \dots (4)$$

Le coefficient de Chézy,

$$C = \frac{1}{n} R_x^\gamma \dots \dots \dots (5)$$

$$v_x = \frac{I^{1/2}}{n} \frac{y^{0,5 + \gamma}}{(1 + \gamma)^{\frac{1}{4} + \gamma/2}} \dots \dots \dots (6)$$

$$N = 2 \int_0^{B/2} \frac{\rho \cdot g}{n} \cdot l \cdot I^{1/2} \frac{y^{1,5 + \gamma}}{(1 + \gamma)^{\frac{1}{4} + \gamma/2}} \dots \dots \dots (7)$$

$$\gamma = a\sqrt{n}$$

a = 1,5 si R < 1

a = 1,3 si R > 1

De toutes les formes de la section transversale possibles (courbes aa', bb' cc') (fig. N°12) exprimées avec la fonction y = φ (x)

Il y a une forme de la section transversale du cours d'eau qui a la capacité de transit maximal. Cela est obtenu par l'étude de périmètre mouillé de toutes les formes possibles en faisant varier la forme, la profondeur et la largeur de la section transversale du cours d'eau.

$$x = 2 \int_0^{B/2} \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \dots \dots \dots (8)$$

En prenant les équations (7) et (8), on détermine la fonction d'aide :

$$\delta = N + \lambda x = 2 \int_0^{B/2} \left[\frac{\rho \cdot g}{n} + \frac{\frac{3}{2} \cdot y^{\frac{3}{2} + a\sqrt{n}}}{(1 + \gamma)^{\frac{1}{4} + \frac{a\sqrt{n}}{2}}} + \lambda \sqrt{1 + y'^2} \right] dx \dots \dots \dots (9)$$

λ : paramètre constant

En utilisant le calcul variationnel , Ibadé Zadhe est arrivé à la fonction suivante :

$$y = \varphi(x)$$

$$y = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} \left(\sqrt{\frac{1}{b}(1-u^m) - \frac{1}{m}} + \sqrt{\left[\frac{1}{b}(1-u^m) - \frac{1}{m}\right]^2 + \frac{4(1-u^m)}{bm}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

tel que

$$u = \frac{y}{Hm}$$

$$\frac{3}{2} + a\sqrt{n} = m$$

$$\frac{1}{2 \left(1 - \frac{1}{\cos^2}\right)} = b$$

Hm : Profondeur moyenne

$$x = \pm 1,41x$$

$$x = \int \frac{Hm \, du}{\sqrt{\frac{1}{b}(1-u^m) - \frac{1}{m} + \sqrt{\left[\frac{1}{b}(1-u^m) - \frac{1}{m}\right]^2 + \frac{4(1-u^m)}{bm}}}} \dots\dots\dots (11)$$

L'équation s'écrit sous une forme beaucoup plus simple :

$$x = \pm \sqrt{2} Hm \int \frac{du}{\Phi(u)} + c \dots\dots\dots (12)$$

Pour les significations suivantes : $0 \leq u = \frac{y}{Hm} \leq 1$

$$dy = Hm \, du$$

En fin de compte pour $u = 0$ l'intégrale, $\sum_u^u = \frac{\partial \Delta u}{\Phi(u)} = 0$, pour $c = B/2$ on obtient :

$$x = \frac{B}{2} \mp \sqrt{2} Hm \sum_u^u = \frac{\partial \Delta u}{\Phi(u)} \dots\dots\dots (13)$$

Et pour $x = 0$, $u = 1$

$$\frac{B}{Hm} = \mp 2\sqrt{2} \sum_u^u = \frac{\partial \Delta u}{\Phi(u)} \dots\dots\dots (14)$$

On obtient pour la section mouillée :

$$\omega = 2 \int_0^H m x dy = 2 \sum_{i=0}^H \frac{H}{m} x_i dy = 2 H m^2 \sum_{u=0}^H \frac{1}{m} u du \dots \dots \dots (15)$$

Pour le périmètre mouillé :

$$\chi = 2 \int_0^{B/2} \sqrt{1 + y'^2} dx = 2 \int_0^H m \sqrt{1 + x'^2} dy \dots \dots \dots (16)$$

Les résultats de la méthode d'IBAD ZADE sont données sous forme de tableaux, pour des différentes rugosités « n », $u = \frac{y}{H m}$, $\mu = \frac{x}{H m}$ et $\frac{B}{H m}$ en fonction du Ψ angle d'équilibre hydrodynamique (figure N°12) .

II-4-2. Théorie des formules du régime

La théorie du régime est purement empirique, et son origine est dans les observations du comportement des grands canaux d'irrigation en terre , étant donné leurs longues période de fonctionnement, Il ya plusieurs auteurs qui ont travaillé en fonction de ce qui est maintenant connu comme la théorie du régime et qui a donné lieu à des méthodes différentes, qui se différencient par le nombre de paramètres indépendants utilisés. [2],[3],[10]

Des méthodes ont été appliquées par Lacey, Blench, Simons et Albertson la théorie correspondant au régime et, finalement, la méthode Altunin

La théorie des régimes provient des observations des grands canaux d'irrigation en terre réalisé par Kennedy en 1895 il a commencé avec ces observations et son objectif était de construire un réseau de canaux d'irrigation, il a observé une série de canaux qui avait fonctionné pendant un certain temps il a été présumé que les paramètres observés devraient être stables.

Le premier résultat de ces observations est que la vitesse moyenne est en fonction de la profondeur: [14],[18]

$$V = 0.548 (H^{0.64}) \quad (17)$$

Où

V: la vitesse moyenne en m /s

H : la profondeur moyenne d'eau en m.

Des observations ultérieures ont conduit à conclure que l'exposant de 0,64 et 0,548 coefficients varie de région à région, la forme générale de la vitesse s'écrit:

$$V = C H^m \quad (18)$$

V : vitesse moyenne dans la section en m/s

H : Profondeur en m

C : coefficient varie entre 0.67 à 0.95 (Lacey) et 0.25 à 1.2 pour d'autre auteurs

m : exposant varie entre 0.52 à 0.74 (Lacey) et 0.61 à 0.73 pour d'autre auteurs

A. Méthode de Lacey

Les différences de cette relation par rapport aux autres relations sont l'introduction du périmètre mouillé et le rayon hydraulique au lieu de la largeur et la profondeur. Des relations sont proposées par Lacey : [14],[18]

$$B=4.831 Q^{1/2} \quad (19)$$

$$H_m = 0.474 \left(\frac{Q}{f}\right)^{1/3} \quad (20)$$

$$R_h \cdot i = 0.0002032 \cdot f^{3/2} H_m^{1/2} \quad (21)$$

Ou

$f = 50.60 D_m^{1/2}$ est le facteur de sédimentation,

D_m : le diamètre moyen de granulats de fond en m,

B : la largeur de la surface libre de l'eau en m,

Q : débit dominant en m^3 / s ,

H_m : la profondeur moyenne en m,

R_h : rayon hydraulique en m,

i : la pente.

Les caractéristiques des canaux étudiés par Lacey :

- Le fond des matériaux non-cohésifs
- D_m (diamètre moyen des granulats de fond) entre 0,15 et 0,4 mm
- Ondulation dans le fond
- Transport de la matière au fond du lit est inférieur à 500 kg/m^3
- Q (flux dominant) entre $1.4 \text{ m}^3 / s$ et $280 \text{ m}^3 / s$

B. Méthode Blench

Dans cette relation, Blench introduit deux paramètres (F_b : facteur de fond, F_s facteur des berges) qui prennent en compte la concentration de matières en suspension transportées, le diamètre des particules dans le fond et la force des rives à érodées. [2],[3],

Les valeurs adoptées pour ces deux paramètres proposés par Blench:

$F_b = 1,2$ (valeur correspondant à la description de « matériaux grossiers» dans le fond) et

$F_s = 0,2$ (valeur correspondant à la description des rives dont les sols «assez cohérent») Comme la concentration (C) des sédiments dans la couche du fond en utilisant le volume solide obtenu avec la formule de Meyer-Peter et Müller lorsque le débit dominante en circulation. Il est calculé selon les règles uniformes dans une même section et avec elle le volume total solide dans le fond.

Les équations de Blench sont les suivantes: [10][14],[18]

$$B_m = 1.81 \left(\frac{F_b}{F_s} Q \right)^{1/2} \quad (22)$$

$$H_m = 1.02 \left(\frac{F_s}{F_b} Q \right)^{1/3} \quad (23)$$

$$i = \frac{F_b^{5/6} F_s^{1/12}}{3.28 k \left(Q^{1/3} + \frac{C}{2.33} \right)} \quad (24)$$

ou

$$k = 3.63 \cdot g / v^{1/4}, \quad (25)$$

B_m : la largeur de la surface libre de l'eau en m,

Q : débit dominant en m^3 / s ,

H_m : la profondeur moyenne en m,

R_h : rayon hydraulique en m,

i : la pente

v : viscosité du mélange eau-sédiments (m^2/s),

g : accélération de pesanteur m^2/s

C : est la concentration des matériaux entraînés dans la couche de fond (en kg/m^3), qui a été estimé à environ $360g/m^3$, et les autres paramètres sont les discutés ci-dessus.

C. Simons et Albertson

Les études de ces deux auteurs ont été basées sur des observations des cours d'eau en Inde et les États-Unis. [2],[3],[10][14],[18]

Les relations obtenues sont

$$B_m = 0.9 P = 0.91 K_1 Q^{0.512} \quad (25)$$

si $R_h \leq 2.60m$,

$$H_m = 1.21 R = 1.21 K_2 Q^{0.361} \quad (26)$$

si $R_h > 2.60m$

$$H=0.61+0.93 R= 0.61+ 0.93K_2 Q^{0.361} \quad (27)$$

le calcul de la pente d'équilibre en fonction des paramètres U, v et H.

$$\frac{Q}{R P} = U = K_3 (R_2 i)^m \quad (28)$$

si $\frac{U_y}{v} < 2.107$

$$\frac{U^2}{g H I} = K_4 \left(\frac{U B_m}{v} \right)^{0.37} \quad (29)$$

si $\frac{U_y}{v} > 2.107$

P : périmètre mouillé m

A : l'aire de la section m²

U : vitesse moyenne m/s

Les paramètres K1, K2, K3, K4 et m impliqués sont 3,16, 0,27, 10,76, 0,85 et 0,286.

K", Ka sont des coefficients, leurs valeurs sont répertoriées dans l'annexe N°01

En tout cas, les gammes d'application de la méthode pour obtenir de vrais résultats sont les suivants:

Bm : largeur moyenne entre 060 m et 79m

H : Profondeur entre 0.84 m et 3.15m

i : pente géométrique entre 0,000058 et 0,0097

Dm : diamètre moyen des particules du fond entre 0.028mm et 80mm

Q : flux dominant entre 0.14m³ / s et 244m³ / s

C : concentration de matière transportée entre 156 kg/m³ et 8000 kg/m³

II-4-3-Methode de VG Gluchkov

Cette relation est appelé aussi formule de la résistance des berges, la détermination de la section stable VG Gluchkov a proposé une relation basée sur le rapport de la largeur de la section du cours d'eau et de la profondeur moyenne.

$$B^m = K. H \quad (30)$$

m : exposant vairé entre 0.5 et 1. Cet exposant évalué par l'équation

$$m = 0,72 [\Delta H_m / R_H S]^{0.1} \quad (31)$$

m=0.7 dans les canaux alluviales

Δ : la densité relative ($\gamma_s - \gamma / \gamma_s$):

$S = (\gamma_s / \gamma)$ densité relative

γ_s : poids spécifique des granulats $gk f/m^3$

γ : poids spécifique de l'eau $gk f/m^3$

H_m : profondeur moyen en m

II-4-4- méthodes Altunin

Afin de trouver la stabilité d'un canal, Altunin a également pris en compte les variables la profondeur, la largeur et la pente (H, B et I) et indiqué le degré de résistance des rives à l'érosion, et la région du cours d'eau où située la section étudiée. [2],[3],

Les sections transversales sont divisées en deux types :

«a», si les rives ne sont pas facilement érodées,

"b" si elles sont facilement érodés. [14][18],[20]

Les trois équations proposées pour les trois degrés de liberté (H, B et I) sont:

La première permet de connaître la vitesse moyenne du courant qui ne provoque pas de l'érosion, en tenant en compte le diamètre moyen des particules

$$V = a \cdot V_{\Phi} \cdot H^{\alpha} \quad (32)$$

La seconde définit la vitesse moyenne de circulation du courant en fonction de la résistance

$$V = k \cdot H_z \cdot S_x \quad (33)$$

La troisième a été l'observation de sections naturelles stables proposé par Gluschkov

$$B^m = K \cdot H \quad (34)$$

En transformation des équations (32),(33) et (34) Altounin a proposé la relation suivante :

$$B = A Q^{0.5} / I^{0.2} \quad (35)$$

a : un constant égal à 1 pour les plaines et 1.1 pour les zones intermédiaires

$V\Phi$: la vitesse moyenne du courant pour une profondeur de 1 m, ce qui exclut la possibilité d'érosion, mais garantit le mouvement des particules. Aussi appelée la vitesse de formation

α : exposant dépend de la profondeur

$\alpha=1/3$ si $H < 1.50$ m

$\alpha=1/4$ si $1.50 < H < 2.50$ m

$\alpha=1/5$ si $H > 2.50$ m

k : coefficient de rugosité pour les diamètres supérieurs à 1 mm d'un diamètre de gravier ou de plus pour les canaux est égal à 10

z : exposant pour les conditions recommandées égale à 1 / 2

x : exposant pour les conditions recommandées égale à 1 / 3

B : largeur de la surface libre de l'eau, m

A : coefficient donné par l'expression

$$A = [n K^{5/3}]^3 / (3 + 5 m) \quad (36) \quad [2],[3],$$

K : un coefficient dépend de la solidité des rives, dont les valeurs sont de 3 à 4 si le matériau formant le canal est très résistant, de 16 à 20 pour le matériel facilement sensibles à l'érosion et alluviaux entre 8 et 12.

Dans les problèmes d'ingénierie, il convient d'utiliser $K = 10$: [18],[20]

Les valeurs de A et m peuvent être obtenues en utilisant l'annexe N°02

II-4-5 -Méthode JG Ivanenko

L'évaluation de la largeur et la profondeur moyenne de la section transversale stable par JG Ivanenko est basée sur les dimensions des diamètres moyen des dépôts dans le cours d'eau et la forme parabolique de la section :

$$B = 1.5 d_0 \left(\frac{Q}{d_0^2 \sqrt{g d_0}} \right)^{1/2} \quad (37)$$

$$H = 3.0 d_0 \left(\frac{Q}{d_0^2 \sqrt{g d_0}} \right)^{1/3} \quad (38)$$

où

Q : débit d'eau dans le canal m³/s

d_0 : Diamètre moyen des dépôts dans le canal mm

B : Largeur de canal en m

H : Profondeur moyenne de l'eau dans le canal en m

Dans le calcul de la stabilité des canaux par JG Ivanenko s'est basé sur les équations de Chézy et sur une forme parabolique de section transversale: [17]

$$B = \frac{[(a + \lambda m)]^{0.6}}{C^{0.4} I^{0.2}} Q^{0.4} \quad (39)$$

$$H_{moy} = \frac{Q^{0.4}}{[(a + \lambda m)]^{0.6} C^{0.4} I^{0.2}} \quad (40)$$

$$\frac{B}{H_{moy}} = (a + 2) \cdot m \quad (41)$$

où

a : Paramètre d'un lit

m : Pente de talus

Q : Débit d'écoulement en m³/s

C : Coefficient Chézy;

I : Gradient hydraulique ;

B : Largeur de canal en m,

H_{moy} : Profondeur moyenne de l'eau dans le canal en m.

II-4-6-Méthode JG Mamedov

Pour le calcul statique de canal stable avec un lit de sable. À la même forme de section du cours d'eau, les sections du cours d'eau sont fixées par le calcul des variations, en fonction de condition de capacité maximale sur un périmètre mouillé à une longueur constante.

L'analyse des méthodes existantes montre que le développement de l'amélioration des méthodes de calcul hydraulique des canaux nécessite de poursuivre les recherches sur les lois de la formation des cours d'eau lors de la conception du canal est extrêmement important. [17]

Vitesse moyenne admissible

a) pour les sols non-cohérents

$$v_{moy} = \left(\frac{H_{mo}}{0.7d}\right) 0.2 \sqrt{\frac{2m}{0.44 \rho_0} [g(\rho_s - \rho_0)d + 2 C_y^h K]} \quad (42)$$

b) pour les sols cohérents

$$v_{moy} = \left(\frac{H_{mo}}{0.7d}\right) 0.2 \sqrt{\frac{2m}{2.6 \rho_0} [g(\rho_s - \rho_0)d + 1.25 C_y^h K]} \quad (43)$$

Où

v_{moy} : vitesse moyenne admissible dans la section transversale

ρ_s, ρ_0 : la densité du sol et de l'eau, en kg/m³;

d : diamètre moyen des particules du sol, m,

C_y^h : Résistance de sol à la rupture.

Pour déterminer le taux dynamique on utilise l'expression suivante :

$$v_{\Delta} = K \cdot v^* , \quad (44)$$

où

K : facteur qualifié;

v^* : taux de dynamique.

Selon VN Gontcharova $K = 7,1$, et selon VI Ephraïm $K = 7,4$ Nikitin et $K = 5,6$.

En ce qui concerne l'expression de la vitesse dynamique sous la forme $v^* = \sqrt{g H I}$ (45)

$$v_{\Delta} = K \sqrt{g H I} \quad (46)$$

où H - profondeur de l'eau;

I – la pente hydraulique

Transformation (46) après multiplication et de division sur le côté droit sur le coefficient de Chézy

$$V_{moy} = C \sqrt{H I}$$

v_{Δ} devient:

$$v_{\Delta} = K \frac{\sqrt{g H I}}{C} v_{cp} \quad (47)$$

De la dernière expression:

$$v_{moy} = \frac{C}{K \sqrt{g}} v_{\Delta} \quad (48)$$

Pour la vitesse moyenne = la vitesse admissible

$$v_{ad} = v_{moy} = \frac{1}{k} \frac{C}{\sqrt{g}} v_{\Delta} \quad (49)$$

Lorsqu'en se réfère à un $A=1/k$ expression (49) est représentée comme suit:

$$v_{moy} = A \frac{C}{\sqrt{g}} v_{\Delta} \quad (50)$$

La vitesse moyenne admissible est :

a) pour les sols non-cohérents

$$v_{moy} = A \frac{C}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{2m}{0.44 \rho_0} [(\rho_s - \rho_0)d + 2 C_y^h K]} \quad (51)$$

b) pour les sols cohérents

$$v_{moy} = A \frac{C}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{2m}{2.6 \beta n_0} [(\rho_s - \rho_0)d + 1.25 C_y^h K]} \quad (52)$$

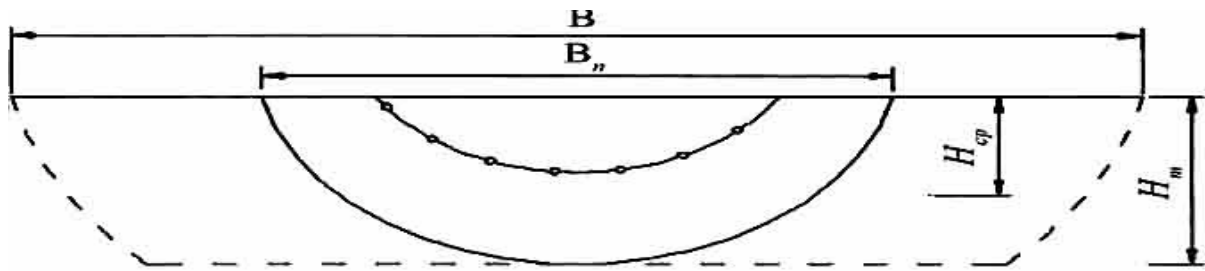
En outre, pour les valeurs de A les expressions suivantes:

$$l \frac{H}{d} > 3.5, \quad A=0.4$$

$$l \frac{H}{d} < 3.5, \quad A= 0.3611+0.0537 (l \frac{H}{d})^2 +0.0308 (l \frac{H}{d})^3$$

Pour déterminer les paramètres hydrauliques des canaux stables pour une donnée, Q, I et Hmoy, les conditions suivantes sont présent (Fig. 14).

- Pour une donnée, les propriétés physiques et mécaniques des sols, les débits et les pentes qui permettent de déterminer une meilleure profondeur moyenne Hmoy ;
- La formation permise la profondeur maximale et moyenne dans les conditions du sol se forme le canal stable avec un Qn (débit d'eau limite) [5]
- Lorsque $Q > Q_n$ le lit augmente seulement en largeur, et la forme ainsi les talus des canaux sont décrites par des courbes paraboliques et le fond de lit devient rectiligne
- Avec $Q < Q_n$ le canal formé est décrit par une courbe parabolique, la taille de canal est situé dans la "limite de la section stable ».



Legende

- _____ $Q = Q_n$
 - - - - - $Q > Q_n$
 —•—•— $Q < Q_n$

Figure 14. Schéma de conception Mamedov

Compte tenu des hypothèses ci-dessus, nous avons à traiter la tâche utilise des équations hydraulique:

a) la continuité des flux

$$Q = \omega \cdot v, \quad (53)$$

b) la vitesse d'écoulement moyenne

$$v_{moy} = C \sqrt{H I} \quad (54)$$

c) la vitesse admissible:

$$v_{moy} - a \bar{v} = 1.25 \frac{C}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{2m}{0.44 \beta n_0}} [\alpha (\rho_s - \rho_0) d + 2 C_y^h K] \quad (55)$$

- Pour les sols cohérents -

$$v_{moy} - a \bar{v} = 1.25 \frac{C}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{2m}{2.6 \beta n_0}} [\alpha (\rho_s - \rho_0) d + 1.25 C_y^h K] \quad (56)$$

Dans la stabilité des cours d'eau et les canaux la vitesse autorisée doit répondre aux conditions suivantes:

$$v_{moy} = \beta \cdot v_{moy} - a d \quad (57)$$

Le coefficient de β caractérise l'état du canal et l'influence du transport des sédiments dans les processus de canal.

La valeur de β pour les canaux statiquement stables reçu 1,1 ... 1,2, et pour les canaux dynamiques 1,5 ... 2,0 .

Grâce à la solution commune des équations (54) (55) (56) et (57) l'expression pour déterminer la valeur de la profondeur moyenne qui permise à ces conditions de sol de la manière suivante:

Pour les sols non- cohérents

$$H_{moy} = 1.56 \frac{(A \beta)^2}{g J} \cdot \left\{ \frac{2 m}{0.44 \rho_0} [\rho_s - \rho_0] d + 2 C_y^h K \right\} \quad (58)$$

Pour les sols cohérents

$$H_{moy} = 1.56 \frac{(A \beta)^2}{g J} \cdot \left\{ \frac{2 m}{2.6 \beta n_0} [\rho_s - \rho_0] d + 1.25 C_y^h K \right\} \quad (59)$$

Ainsi, connaissant la pente et les caractéristiques du relief et le sol du lit du canal, à l'aide de (58) et (59) on peut déterminer la valeur de la profondeur maximale et moyenne pour un équilibre limite du cours d'eau .

Pour les grands canaux on peut prendre A=0,4.

Le rapport de Largeur limite et la profondeur moyenne du canal stable peut être exprimée comme suit

$$\frac{B_n}{H_{moy}} = 2m (1+P) \quad (60)$$

La profondeur maximum limite de canaux stables peut être déterminée par l'équation suivante:

$$H_{max} = \frac{P+1}{P} H_{moy} \quad (61)$$

La section transversale de la section limite stable déterminée à partir de l'expression:

$$\omega_n = 2m (1+P) H m \sigma^2 y \quad (62)$$

Les paramètres de la parabole pour les canaux stables peuvent prendre P = 2.

Dans les conditions données dans (58) et (59) on détermine la profondeur moyenne H_{moy} , à l'aide de l'équation (61) les valeurs de la profondeur maximale pour Q = Q_n, les valeurs obtenues sont les meilleures.

Pour Q < Q_n des dimensions de section stable définis dans la suite. Cette état correspond à

$$V_{moy} \leq V_{moyad} \text{ et } P = 2. \quad [17]$$

La largeur et la profondeur moyenne de la section transversale est comme suit:

$$B = 3.1 \frac{m^{0.625}}{I^{0.1875}} (Q \cdot n)^{0.375} \quad (63)$$

$$H_{moy} = 0.517 \left(\frac{Q \cdot n}{m^{1.5}} \right)^{0.375} \quad (64)$$

Pour $Q > Q_n$ établir une formule pour décrire la section soutenue. Les hauteurs moyennes et maximales sont déterminées par (58) et (61).

Pour déterminer la largeur du lit, conjointement résoudre les équations (53) (60) et (62), nous obtenons l'expression:

$$B = H_{moy} \left(\frac{P}{(P + 1)H_{moy}} \frac{Q}{C^{2.5}} + 2m \right) \quad (65)$$

II-4-7- Méthode de Maza et Cruickshank

Cette méthode a été proposée en 1973 est basée sur le concept de degrés de liberté (la profondeur, la largeur et la pente). Elle prend en compte les trois équations (celle de la résistance à l'écoulement, autrement appelé le transport des sédiments et la troisième à la résistance des rives) nécessaires pour obtenir la largeur, la profondeur et la pente d'un canal stable. [14],[18],[20]

$$Q = \alpha B H_m^{1.634} I^{0.456} \quad (66)$$

$$\alpha = 7,58 \omega_{50} / D_{84}^{0.634} \Delta^{0.456} \quad (67)$$

ω_{50} : vitesse de chute des particules dont le diamètre D50.

Δ : la densité relative ($\gamma_s - \gamma / \gamma_s$)

Et la formule de Manning devient:

$$Q = 1/n B H_m^{5/3} I^{1/2} \quad (68)$$

dans le but d'organiser et de simplifier les expressions, l'auteur considère des nouvelles variables:

$$E = 8(g\Delta D_m)^{1/2} \quad (69)$$

$$N = \left(\frac{n'}{n}\right)^{1.5} 1/\Delta D_m \quad (70)$$

$$\beta = 0.04/\Delta^2 g^{0.5} D_{3.5} \quad (71)$$

où:

n : rugosité totale du fonds. est obtenu à partir de la formule de Manning.

n' : rugosité due aux particules. C'est en utilisant l'expression de Meyer-Peter et Müller,

$$n' = D_{90}^{1/3} / 26,$$

D_{90} , en mm.

La relation de Maza et Cruickshank est appliquée a trois groupe :

- Les formules du groupe I s'appliquent à une vaste gamme de matériaux de fond.

Ils travaillent pour tout type de matériau avec ou sans transport, il suffit d'ajuster le coefficient de rugosité. Ces équations sont implicites pour B , I , H_m , et sa solution est obtenue par essais.

Lorsque le transport solide est très faible, presque nulle ou très gros, l'équation de Meyer-Peter et Müller peut être simplifiée afin de faciliter la gestion de ces équations.

Lorsque $\tau^* = 1,5$, il est préférable d'utiliser les formules de groupe II, dans le cadre du transport est suspendue et la formule de Meyer-Peter et Müller ne considère pas cette condition.

Les équations du groupe II sont explicites, et sont utilisés dans le cas des canaux avec un transport de sédiments sableux.

Dans les plaines généralement les canaux peuvent être conçus avec les équations du groupe III, parce qu'ils sont utiles lorsque le matériau transporté est faible et le matériau est du sable.

Les formules fondamentales dans le groupe I pour les équations de la largeur B , la profondeur moyenne H_m et la pente I sont les suivantes :

$$B^{\frac{7m+4}{3}} \left[\left(\frac{Q_B}{E}\right)^{2/3} + 0.047B^{2/3} \right] = (n Q^2 N K^{\frac{7}{3}}) \quad (72)$$

$$H_m^{\frac{7m+4}{3m}} \left[\left(\frac{Q_B}{E}\right)^{2/3} K^{\frac{4}{3m}} + 0.047H_m^{\frac{2}{3m}} K^{2/m} \right] = (n Q^2 N) \quad (73)$$

$$I - \frac{7m+4}{10m+1} \left[\left(\frac{Q_B}{E}\right)^{2/3} + 0.047 \left(\frac{n Q K^{2/3}}{S^{1/2}}\right)^{\frac{2}{5m+3}} \right] = N(n Q^{\frac{3m+2}{5m+3}} K^{\frac{1}{3(5m+3)}}) \quad (74)$$

La transformation des relations à été obtenue pour $m = 0,7$ pour le transport de sédiment faible en formules suivantes :

$$B = 2.32 (nQ)^{0.55} K^{0.642} N^{0.275} \quad (75)$$

$$H_m = 1.802 (nQ)^{0.385} N^{0.193} / K^{0.55} \quad (76)$$

$$\left(\frac{B^{0.7}}{H_m}\right) = 1 / K^{0.1006}$$

$$I = 0.0261 K^{0.55} / (nQ)^{0.385} N^{1.193} \quad (77)$$

Groupe I. Condition avec transport de sédiments élevés.

Dans le cas où le transport des sédiments est élevé, correspondant à $\tau^* = dS / \Delta$, $D_m > 0,5$, la fin de 0.047 de la formule de Meyer-Peter et Müller peut être négligée, l'obtention d'une équation:

$$Q_B = E B (N H_m I)^{1.5} \quad (78)$$

Comme indiqué, D_m le diamètre n'est pas impliqué dans la valeur du transport des sédiments.

En supposant $m = 0,7$ les équations de conception sont:

$$B = \frac{(n Q^{0.67} K^{0.78} N^{0.33} E^{0.225})}{Q_B^{0.225}} \quad (79)$$

$$H_m = \frac{(n Q^{0.47} N^{0.23} E^{0.157})}{K^{0.44} Q_B^{0.157}} \quad (80)$$

$$\left(\frac{B^{0.7}}{H_m}\right) = K^{0.1019} \quad (82)$$

$$I = \frac{Q_B^{0.974}}{(n Q^{0.92} K^{0.07} N^{1.46} E^{0.974})} \quad (83)$$

Groupe II.

Dans ce groupe, les équations de base de Maza -Cruickshank, pour la résistance à l'écoulement et les équations Engelund et Glusckov pour le transport des sédiments et la résistance des rives

$$B = \left[\frac{(Q)^{1.23} K^{1.37}}{\alpha^{0.767}} \left(\frac{\beta}{Q_B t}\right)^{0.23} \right]^{\frac{1}{1.37m+1}} \quad (84)$$

$$Hm = \left[\frac{(Q)^{1.233}}{\alpha^{0.76} K^m} \left(\frac{\beta}{Q_B t} \right)^{0.23} \right]^{\frac{m}{1.37m+1}} \quad (85)$$

$$\left(\frac{B^m}{Hm} \right) = K^{\frac{1.37m-1}{1.37m+1}}$$

$$I = \left[\frac{K^{0.58}}{\alpha^{0.256} m^{0.501} (Q)^{1.413} m^{0.501}} \left(\frac{Q_B t}{\beta} \right)^{0.835} m^{0.501} \right]^{\frac{1}{1.37m+1}} \quad (86)$$

Pour $m = 0.7$:

$$B = 0.308 D_{84}^{0.248} K^{0.7} Q^{0.63} / \{ \omega_{50}^{0.39} (\Delta_g)^{0.06} (D_{35} Q_{BT})^{0.119} \} \quad (87)$$

$$Hm = 0.439 D_{84}^{0.174} Q_{BT}^{0.441} / [\omega_{50}^{0.274} (\Delta_g)^{0.042} K^{0.51} (D_{35} Q_{BT})^{0.083}] \quad (88)$$

$$I = 2.967 Q_{BT}^{0.559} K^{0.296} D_{84}^{0.223} \Delta^{1.278} g^{0.280} D_{35}^{0.56} / [\omega_{50}^{0.352} Q_{0.767}] \quad (89)$$

Dans ces formules si le transport des sédiments $QB \rightarrow 0$, on obtient des résultats absurdes.

Groupe III. Équations de conception pour les sections table avec toute condition du transport des sédiments.

Les formules sont appliquées dans ce groupe aux canaux sableux: ceux- Maza-Cruisckshank, Meyer-Peter et Müller, et Gluschkov. Son avantage par rapport au groupe II, ils peuvent être utilisés même lorsque le transport de sédiments tend vers zéro. Toutefois, si la valeur du transport des sédiments ne permet pas de simplifications, il est nécessaire d'utiliser des équations implicites.

Les formules générales sont:

$$B^{(2.583m+2)} \left[\left(\frac{Q_B}{E} \right)^{2/3} + 0.047 B^{2/3} \right] = N K^{2.583} \left(\frac{Q}{\alpha} \right)^{2.193} \quad (90)$$

$$Hm^{\left(\frac{2.583m+2}{m} \right)} \left[\left(\frac{Q_B}{E} \right)^{2/3} + 0.047 (K H_m)^{2/3} \right] K^{\frac{1.526}{m}} = N \left(\frac{Q}{\alpha} \right)^{2.193} \quad (91)$$

$$I^{\left(\frac{0.304}{\omega} \right)} \left(\frac{Q_B}{E} \right)^{2/3} + 0.047 (K)^{1.08} \omega \left(\frac{Q}{\alpha} \right)^{\frac{2}{3m}} = N \left(\frac{Q_t}{\alpha} \right)^{\frac{0.667+m}{\omega}} K^{\frac{0.089}{\omega}} I^{\left(\frac{1+1.78}{\omega} \right)} \quad (92)$$

ou:

$$\omega=1+1.634m \quad (93)$$

Groupe III. Conditions de transport des sédiments très faible ou nulle.

En procédant de manière similaire à celle décrite conduit aux équations de conception:

$$B = \left[21.277N K^{2.583} \left(\frac{Q}{\alpha}\right)^{2.193} \right]^{\frac{1}{2.583m+9.3}} \quad (94)$$

$$Hm = \left[21.277N \left(\frac{Q}{\alpha}\right)^{2.193} \frac{1}{K^{\frac{2.193}{m}}} \right]^{\frac{m}{2.583m+9.3}} \quad (95)$$

$$\left(\frac{B^m}{Hm}\right) = K^{\frac{2.583m+9.2}{2.583m+9.2}}$$

$$I = \left[0.047 \frac{K^{1/\omega}}{N} \left(\frac{Q}{\alpha}\right)^{\frac{m}{\omega}} \frac{1}{K^{\frac{2.193}{m}}} \right]^{\frac{\omega}{1.178m+1}} \quad (96)$$

pour $m = 0.7$:

$$B = 2.147 N^{0.25} K^{0.646} (Q/\alpha)^{0.548} \quad (97)$$

$$Hm = 1.707 N^{0.175} (Q/\alpha)^{0.384} / K^{0.548} \quad (98)$$

$$\left(\frac{B^{0.7}}{Hm}\right) = K^{-0.0958}$$

$$I = 0.0275 K^{0.548} (\alpha/Q)^{0.384} / N^{1.175} \quad (99)$$

Groupe III.

Condition pour une grande quantité de transport des sédiments.

Lorsque $t^* > 0,5$ les équations obtenues sont les suivantes:

$$B = \left[N K^{5.83} \left(\frac{Q}{\alpha}\right)^{2.193} \left(\frac{E}{Q_B}\right)^{2/3} \right]^{\frac{1}{2.583m+5.26}} \quad (100)$$

$$Hm = \left[\frac{N}{K^{\frac{5.26}{m}}} \left(\frac{Q}{\alpha}\right)^{2.193} \left(\frac{E}{Q_B}\right)^{2/3} \right]^{\frac{m}{2.583m+5.26}} \quad (101)$$

$$\left(\frac{B^m}{H m}\right) = K^{2.583m.525 / 2.583m.526}$$

$$I = \left[\frac{1}{N^{\omega} K^{0.089}} \left(\frac{\alpha}{Q}\right)^{3m+3} \left(\frac{Q_B}{E}\right)^{2\omega/3} \right]^{\frac{1}{1.178m.608}} \quad (102)$$

Si $m = 0.7$

$$B = N^{0.3} (Q\alpha)^{0.658} (E / Q_B)^{0.2} K^{0.775} \quad (103)$$

$$Hm = N^{0.210} (Q\alpha)^{0.461} (E / Q_B)^{0.141} / K^{0.458} \quad (104)$$

$$\left(\frac{B^m}{H m}\right) = K^{0.0845}$$

$$I = (Q_B / E)^{0.94} / N^{1.41} K^{0.059} (Q/\alpha)^{0.899} \quad (105)$$

Dans les équations de Maza -Cruisckshank:

B, H, D_{35} et D_{94} sont en m,

Q et Q_{Bt} , m^3 / s ,

g en m/s^2 ; $\omega 50$, en m / s

$\Delta = (\gamma_s - \gamma / \gamma_s)$ n'a pas d'unités.

Lorsque le diamètre moyen des particules D_m dans le canal est supérieur à 2 mm, on ne peut pas appliquer les équations du groupe II

Groupe II ne peut pas être utilisée lorsque $\tau^* < 0.1$

Comme l'équation (67) n'a pas été testée pour des matériaux avec un diamètre moyen supérieur à 8 mm, son application n'est pas recommandée pour ces matériaux.

Seules les équations des groupes I et II peuvent être appliquées, car la formule de Meyer-Peter et Müller peut obtenir l'état critique, sans le transport des sédiments.

Le principal avantage de cette méthode est qu'elle permet de prendre en compte le débit fort et donc connaître les variations subies par la section où il est augmenté ou diminué en raison de changements dans le bassin et travaux dans les canaux.

II-5- -Détermination du coefficient de rugosité

Le coefficient de rugosité est un paramètre essentiel dans toutes les méthodes de calcul de la stabilité des cours d'eau citées précédemment, donc il est nécessaire de donner une estimation précise de ce coefficient.

De nombreuses formules empiriques ont été développées pour estimer les valeurs de ce coefficient sur la base de la courbe de distribution granulométrique des matériaux du lit et de surface. Toutefois, ces méthodes sont souvent applicables seulement à une gamme étroite des conditions de l'oued et la précision est encore incertaine.

Pour estimer la valeur du coefficient de rugosité du lit, on divise le lit en plusieurs sous-zones. En faisant ainsi un coefficient de rugosité n séparée est ensuite déterminé pour chaque sous-zone. [3], [2]

II-5-1-Les lits des cours d'eau naturelles

Le coefficient de rugosité « n » est influencé par plusieurs facteurs :

- Rugosité du lit et des parois : La granulométrie du lit du cours d'eau ou de son périmètre mouillé influence le coefficient de rugosité. Plus la granulométrie est grossière, plus la rugosité est élevée.
- Irrégularités dans le lit : Les irrégularités dans le fond du cours d'eau telles que les dépressions, les lames de sable occasionnées par l'envasement, l'ensablement ou de l'affouillement dans le cours d'eau. Le matériau transporté dans le fond du cours d'eau par l'écoulement contribue à augmenter la rugosité.
- Changement dans la section : Des changements graduels et peu fréquents dans la section du cours d'eau ont peu d'influence sur la rugosité générale du cours d'eau. Par contre, des changements fréquents et brusques influent sur l'écoulement d'une façon équivalente à une augmentation de la rugosité du cours d'eau.
- Obstacles : La présence d'obstacles, tels que les grosses pierres, ponceaux, freinent l'écoulement et amènent une augmentation équivalente de la rugosité.
- Végétation : La présence de végétation sur les berges (talus) et dans le fond du cours d'eau

accroît la rugosité. Lorsque cette végétation est plus basse que la demi-hauteur de l'écoulement, les crues couchent la végétation et ramènent le coefficient de rugosité à un ordre de grandeur de 0,05 à 0,06. Les plantes en période végétative sont plus fortes et résistent mieux à l'écoulement. En période morte, elles sont moins résistantes; en hiver et au printemps, le coefficient de rugosité peut être plus faible qu'en été.

-Rectitude ou sinuosité du cours d'eau : Les méandres et les courbes augmentent la résistance à l'écoulement et amènent une augmentation équivalente de la rugosité. Une courbe raide offre une plus grande résistance à l'écoulement qu'une courbe longue et régulière. Pour une seule courbe, l'accroissement équivalent est inférieur à 0,003.

II-5-2- Méthodes de Manning Strickler appliquée dans la relation d'Altunin

Aujourd'hui, il existe de nombreuses méthodes empiriques dans le monde qui sont utilisés pour la détermination de coefficient de rugosité n .

L'une de ses méthodes a été suggéré par Strickler (1923) détermine le coefficient de rugosité basée sur la référence suivante [10]

$$n = 0.047 d^{1/6} \quad (106)$$

d : le diamètre des grains (en millimètres) d'un revêtement du talus uniforme de sable et le fond du canal.

. L'équation pour l'évaluation du coefficient de rugosité n fournies par Henderson (1966) peut être écrit de la façon suivante: [10]

$$n = 0.034 d^{1/6} \quad (107)$$

Raudkivi (1976) est venu pour le calcul de modification de l'équation de Strickler et offert la formule suivante pour l'évaluation du coefficient de rugosité n calcul: [10]

$$n = 0.042 d^{1/6} \quad (108 \quad)$$

où la valeur d est mesuré en (mm). L'Eq. (108) peut être élargie comme suit:

$$n = 0.013 d_{65}^{-1/6} \quad (109)$$

où

d_{65} présente le diamètre des grains du matériau en bas (en millimètres) pris comme 65% des parts du matériel.

Raudkivi cite en outre que les équations (108) et (109) peut être utilisés pour le choix de la hauteur de rugosité dans le sol fixe à des modèles hydrauliques.

Les recherches ultérieures de Garde et Raju (1978) donne la formule suivante: [3]

$$n = 0.039 d_{50}^{-1/6} \quad (110)$$

où

d_{50} représente le diamètre des grains du matériau en bas pris comme 50% des poids du matériau.

II-5-3- La méthode de YA. IBADE –ZADHE

Les résultats des recherches de Y.A .Ibade Zadhe, Bachmetiff, Talmza et autres montrent que la détermination du coefficient de rugosité « n » des sections transversales d'un cours d'eau dépendent de :

$$n=f(\Psi, H/d).$$

1 ère étape : Sur chaque section et chaque échantillon on définit le diamètre pondéré.

2ème étape : Sur la base des valeurs des « d » pondérée, on définit l'homogénéité de la section transversale considérée, sur toutes les sections transversales analysées.

3ème étape : calcul le coefficient de rugosité réel $n=f(\Psi, H/d)$.

Ψ : l'angle de l'équilibre hydrodynamique du sol du lit du cours d'eau, cet angle, défère légèrement de l'angle « α » du talus naturel d'un sol. Néanmoins la forme stable du talus se définit par la résistance du sol ou force de décollement des particules de ce sol et a l'action des forces des filtrations des eaux. [22]

H ; profondeur normale de l'eau

d ; diamètre pondéré des particules

Si $2 < H/d < 5000$ et $5 < B/H < 50$ alors :

$$n_{\text{réel}} = 0,013 + \left(\frac{H}{d}\right) * (\Psi + 20)^{1,5} \quad (111)$$

Si $H/d \geq 5000$.

$$n_{\text{réel}} = (79 + 8,75 * \Psi) * 10^{-4} * d^{1/6} \quad (112)$$

Calcul de dp :

$$d = \frac{\sum(d \cdot m \cdot \sigma \cdot \psi)}{10 \cdot \psi} \text{ (mm)}$$

Conclusion

L'étude de la stabilité des cours d'eau par les méthodes citées ci-dessus est basée sur la forme de la section transversale qui est caractérisée par le rapport entre la largeur et la profondeur de la section transversale, Les groupes de formule sont obtenus en combinant les fonctions de résistance à l'écoulement des berges et celle de transport des sédiments

Pour la détermination de ce rapport ces méthodes prendre en compte les paramètres suivants :

La rugosité du lit du cours d'eau, l'angle d'équilibre hydrodynamique, la vitesse moyenne d'écoulement et la capacité d'écoulement, la pente géométrique du cours d'eau.

Chapitre III

Protcol expérimental et matériels utilisés

CHAPITRE III-PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET MATERIELS UTILISES

Investigation in-situ et matériel et méthode utilisé

L'analyse de différentes méthodes de détermination de la largeur stable des cours d'eau a montrer que la majorité des relations proposées demandent la détermination de plusieurs paramètres tel que (granulométrie, la rugosité, l'angle d'équilibre dynamique...).

Les investigations in situ sont effectuées dans un objectif d'établir un réseau d'observation qui doit jalonné l'oued sur 1400 ml.[figure N°17]

III-1-1 Choix des sections transversales

Les sections transversales sont choisies sur la base d'observation visuelle sur terrain, sur la forme du tracé et de profil en long de l'oued, la géologie du terrain et de l'homogénéité superficielle des sols du lit du cours d'eau.

L'analyse des éléments morphométriques réels de l'oued est basée sur la recherche des signes de traces d'eau pour estimer les profondeurs d'eau.

III-1-1-1) cartographie ponctuelle

La localisation ponctuelle des formes et la cartographie détaillée de la surface du lit sont effectuées à l'aide d'une station tachéométrique Leica. Les coordonnées des points topo métriques sont mesurées à partir d'un système de positionnement relatif. La précision dans la localisation spatiale des points de la station tachéométrique est de 2 mm en termes de distance et de 6 secondes en termes d'orientation.

La précision des formes du lit extraites à partir de la cartographie détaillée dépend non seulement de la résolution d'échantillonnage mais aussi des méthodes d'interpolation. La réalisation des cartes topographiques du lit est basée sur l'interpolation par voisinage simple. Cette méthode permet d'obtenir les formes les plus compatibles avec ce que l'on connaît de la réalité. Elle permet une bonne estimation des pentes, des courbures et des dépressions.

Les polygones de Thiessen sont utilisés pour déterminer l'aire d'influence de chacun des points échantillonnés. Les limites de ces polygones sont équidistantes par rapport aux différents points. Ensuite, la taille du voisinage du point dont on cherche la valeur est circonscrite et superposé aux aires d'influence délimitées par les polygones. La valeur du

point à interpoler est obtenue en effectuant la moyenne de ses valeurs voisines pondérées par l'aire qu'elles occupent dans l'environnement proximal. La résolution détaillée de l'échantillonnage sur le terrain et la variabilité spatiale des changements topographiques à cette échelle permettent d'estimer les valeurs à interpoler à partir de cette méthode principalement parce que la densité des points varie sur la section échantillonnée. L'utilisation d'une grande densité de points d'échantillonnage est essentielle pour appliquer la méthode d'interpolation par voisinage simple qui a tendance à donner une apparence plus lisse à la surface. Des cartes-contours sont ensuite construites en établissant un regroupement zonal des mesures obtenues à partir des différentes cartes interpolées.

L'analyse du levé en plan et profil en long des différents axes considérés sont indiquées sur la figure N°15

III-1-1-2-Géologie et homogénéité superficielle :

La vallée de l'oued El Arab , sur le tronçon examiné , a la structure asymétrique : affluents droits nombreux et assez longs (avec les pentes douces) qui prennent source dans la chaîne Djahfa , et les affluents gauches à pente raide découlant de la chaîne Tardjelt.

Conformément à cette structure générale sur la partie majeure de la vallée on observe le développement de la première et deuxième terrasse d'accumulation sur la rive droite tandis que sur la rive gauche la première terrasse n'existe pratiquement pas et ce n'est que sur certains tronçons qu'on constate la formation des dépôts d'éluviaux.

Parmi les phénomènes physico-géologiques contemporains :

- Transformation du lit et de terrasse de la vallée de l'oued
- Ruissellement diffus
- Processus d'érosion

Pendant les crues intenses le lit de la basse de la vallée de l'oued El Arab changent de forme ce qui est du en général à l'affouillement de la couche superficielle avec la déposition des terrains dans le lit de l'oued ou sur les pentes et terrasses, y compris celles étagées à socle rocheux. Seuls les calcaires affleurant à la surface s'opposent avec succès à ce processus.

Les plus importants et les plus prononcés sont les processus érosifs qui ont formé le relief particulier recoupé par nombreux ravins. L'érosion par l'eau a laissé dense sur la rive gauche abrupte constituée des limons déluviaux.

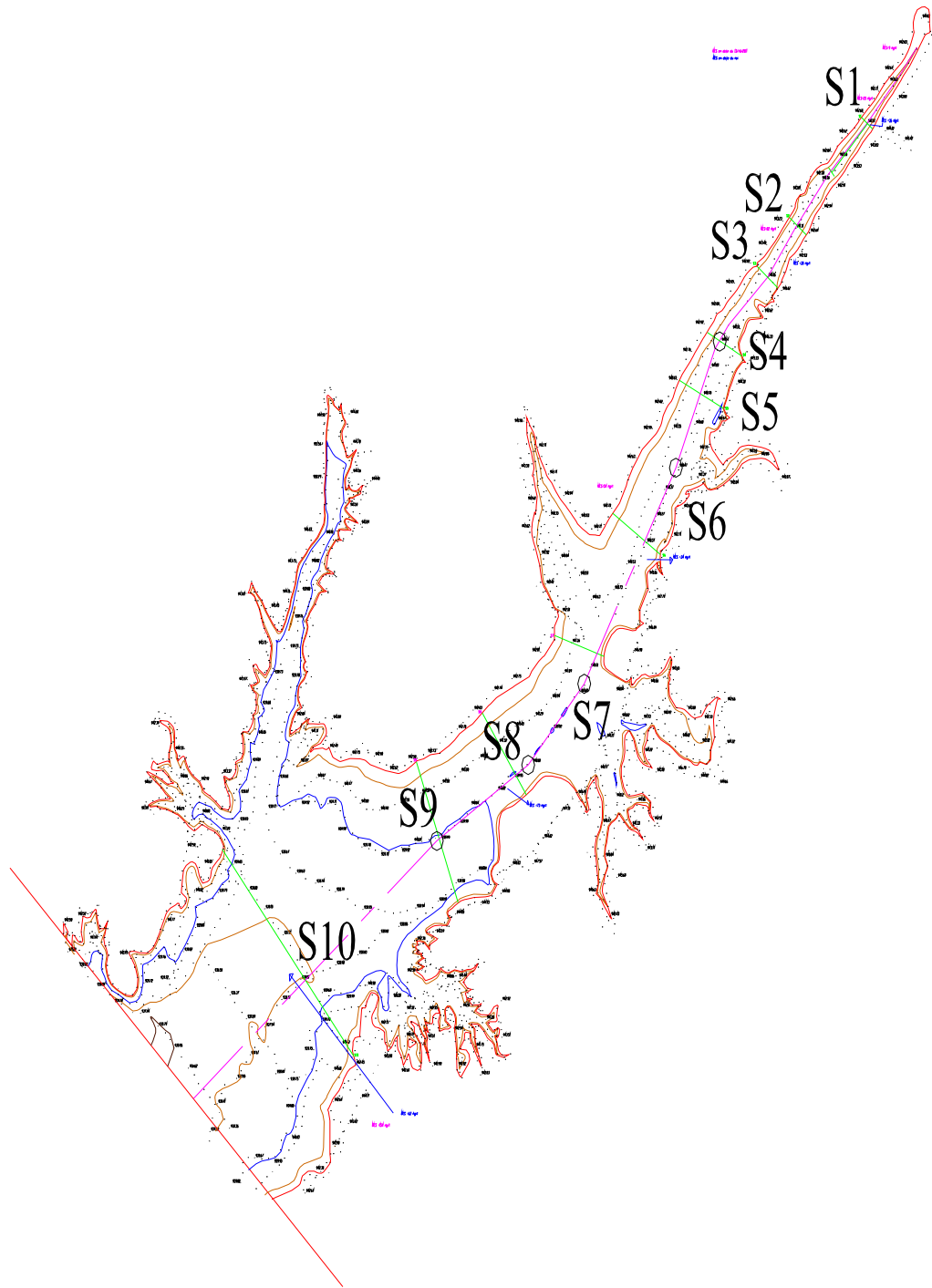


Figure N°15 : levé topographique d’oued El Arab Babar

Légende

----- Cote des eaux la plus hautes

----- Cote des eaux normale

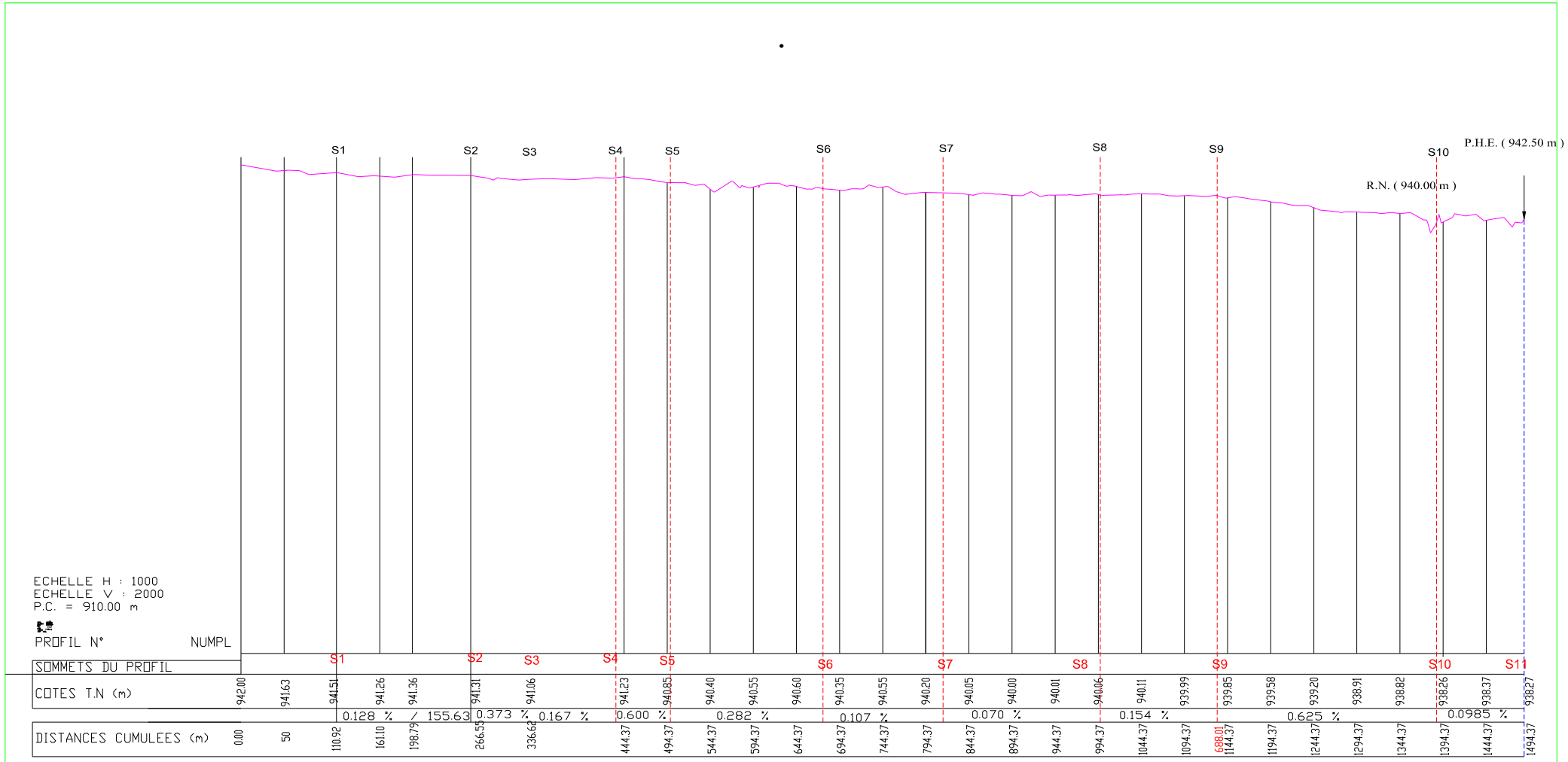


Figure N°16: Profil en long de l'oued El Arab Babar wilaya de Khenchela



Figure N°17 vue en plan des sections de l'oued El Arab Babar (google earth 2010)

III-1-1-3-Levé bathymétrique : les profils en travers des sections transversales sont obtenues par le levé bathymétrique qui consiste à déterminer les différentes hauteurs d'eau sur le même axe longitudinale de la section transversale.

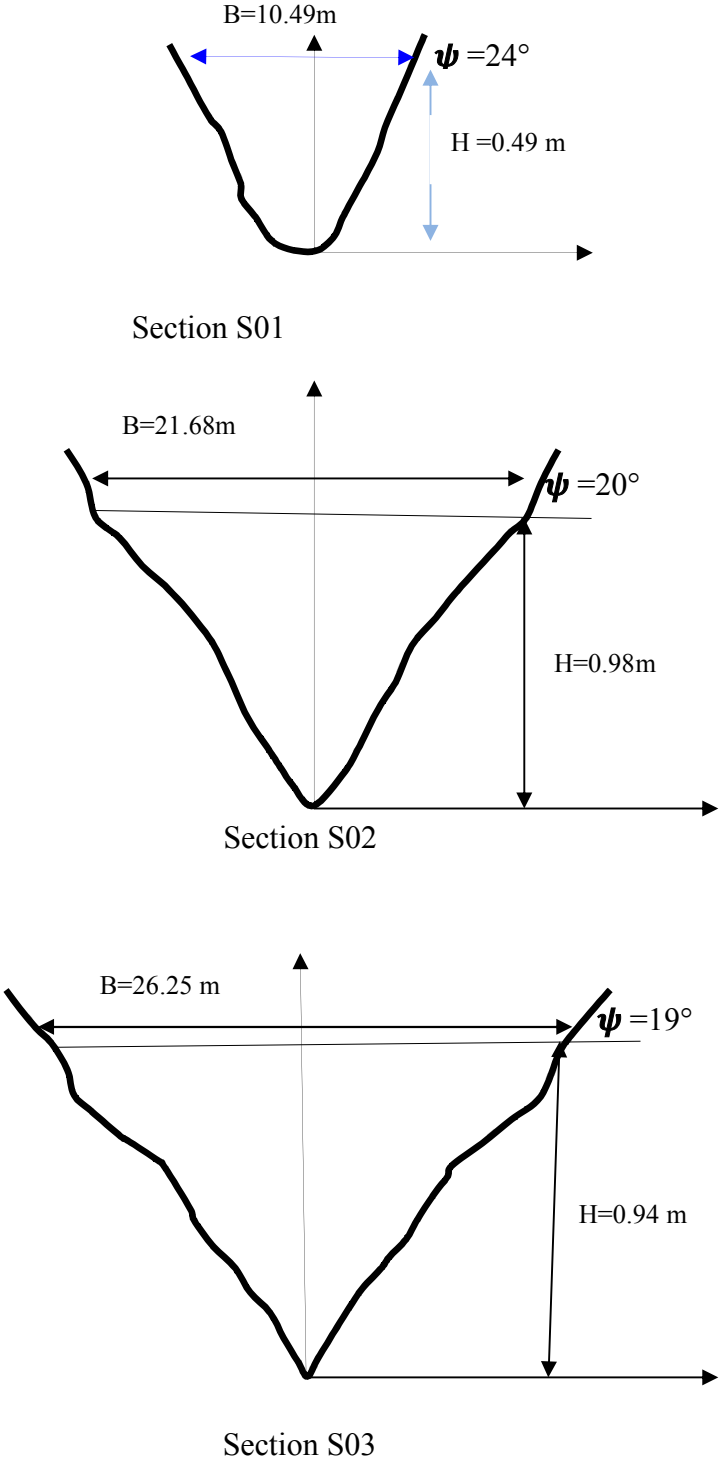
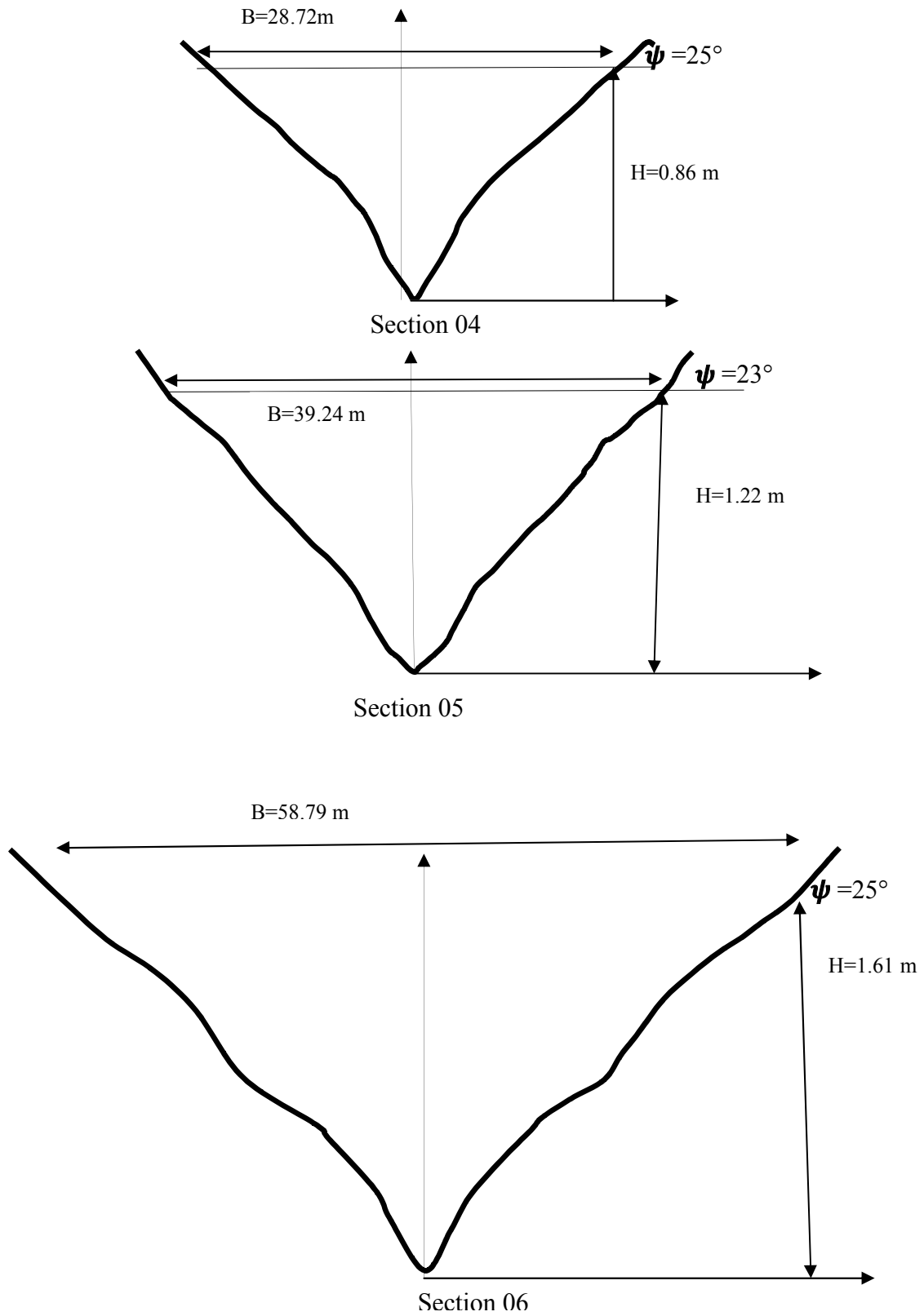
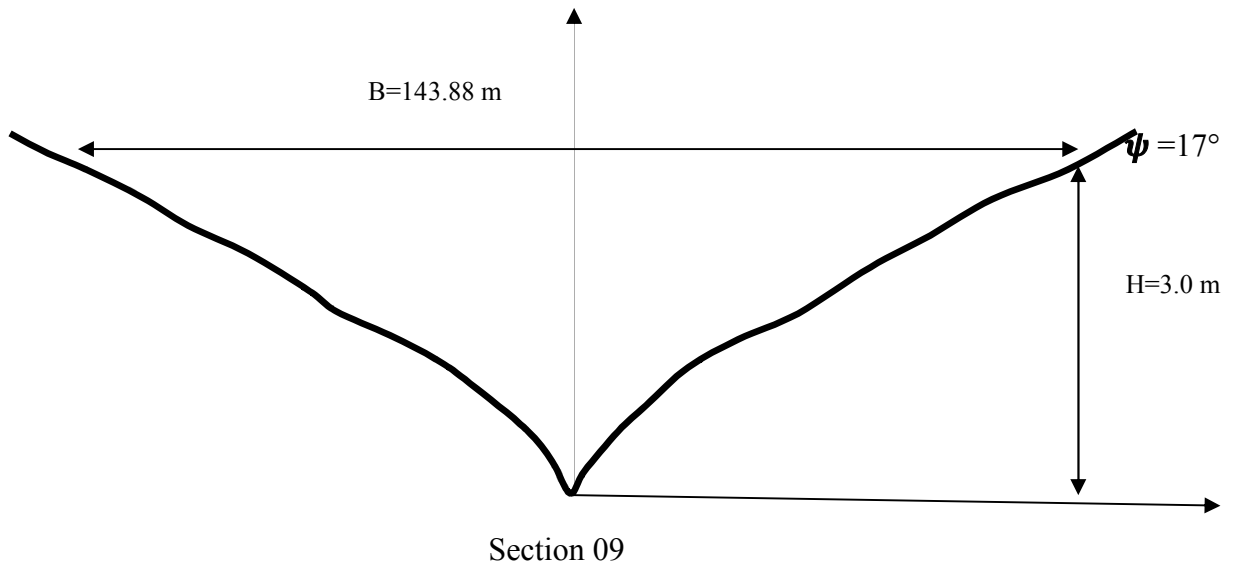
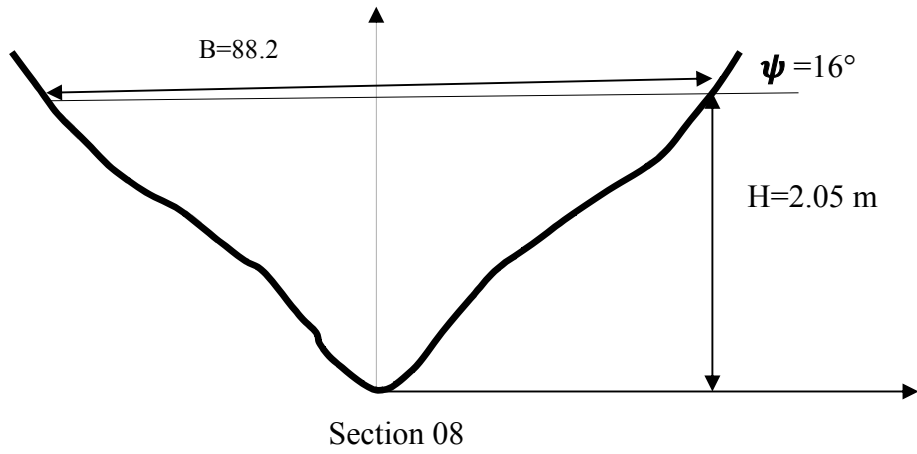
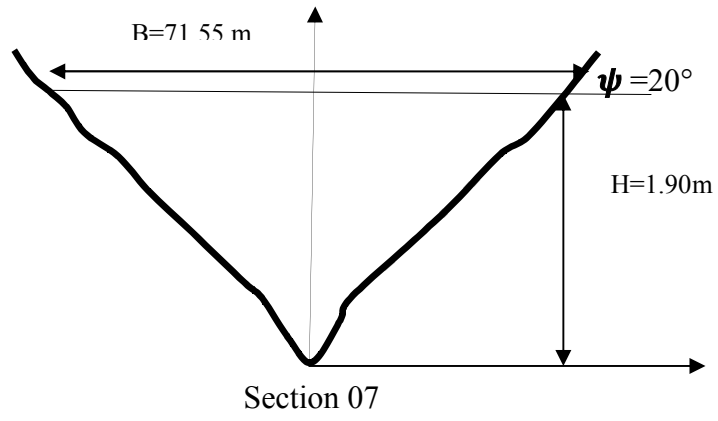


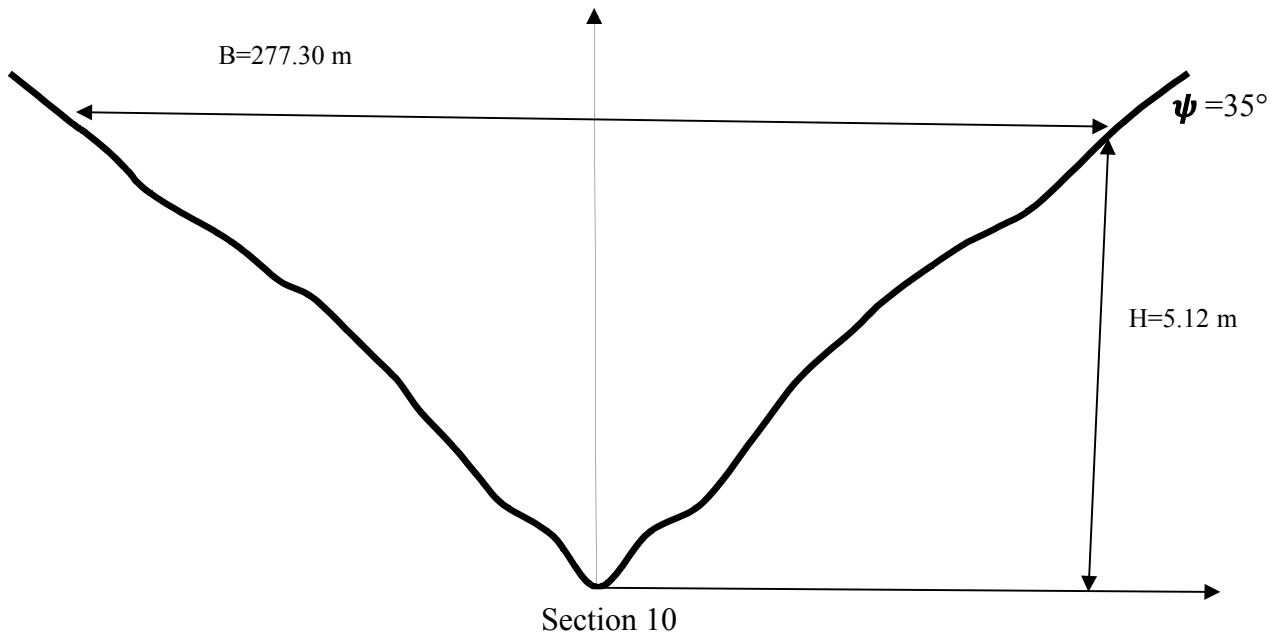
Figure N°18 : les sections en travers de l'oued de l'oued El Arab Babar (S01—S03)



Suite Figure N°18 : les sections en travers de l'oued de l'oued El Arab Babar (S04—S06)



Suite Figure N°18 : les sections en travers de l'oued de l'oued El Arab Babar (S07—S09)



Suite Figure N°18 : les sections en travers de l'oued de l'oued El Arab
Babar (S10)

III-2--Analyse granulométrique

L'objectif de l'analyse granulométrique pour arriver à déterminer la rugosité réelle de l'oued.

A fin d'avoir des résultats rigoureux de la rugosité on prélève sur chaque section trois échantillons, sur la rive droite et la rive gauche et la troisième au milieu de la section transversale.

III-2-1- Principe de l'essai

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm, à l'exclusion des fillers.

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis.

La dimension nominale de tamis est donnée par l'ouverture de la maille, c'est-à-dire par la grandeur de l'ouverture carrée. Ces dimensions sont telles qu'elles se suivent dans une progression géométrique de raison $\sqrt{10}$, depuis le tamis 0.08 mm jusqu'au tamis 80 mm. Pour des ouvertures inférieures à 0.08 mm, l'analyse granulométrique n'est pas adaptée et l'on peut procéder par sédimentométrie. L'existence antérieure de passoires (trous ronds) a conduit à une double classification de tamis et des passoires, tout en conservant pour chaque famille d'appareil la même progression géométrique des ouvertures.

L'expression des résultats des courbes granulométriques est donnée en annexe

Les diamètres pondérés obtenues sont donnés sur le tableau N° 06

Tableau N°6 : Les résultats des diamètres pondérés sur chaque section

Section	Diamètre moyen des particules mm	Diamètre pondéré (mm)
1_1	8	0.187
2---2	7	0.19
3--3	6	0.189
4--4	0.005	0.0118
5--5	0.006	0.011
6--6	.0014	0.0036
7--7	0.003	0.0093
8--8	0.006	0.019
9--9	0.020	0.014
10--10	0.008	0.017

III-3-L'angle ψ d'équilibre dynamique

L'angle d'équilibre dynamique ψ est l'angle des talus des sections transversales après la l'effet de l'érosion (stabilisation) des talus de la section transversale de l'oued

. Cet angle est déterminé à partir des tracés des sections en travers réelles et qui représente la tangente du talus de la section stable.

Les résultats des angles d'équilibre dynamique sont représentés dans le tableau N°07

Tableau N° 7 : l'angle d'équilibre Ψ° des sections transversales

La section	L'angle Ψ°
1	24 °
2	20°
3	19°
4	25°
5	23°
6	25°
7	20°
8	16 °
9	17°
10	35°

Conclusion

Sur la base du levé en plan et du profil en long de l'oued qui son tracé est plus ou moins rectiligne et la géologie qui est presque homogène on obtient dizaine de tronçon répartie comme suit :

-Partie amont 02 tronçons03 sections

-Partie centrale 04 tronçons --- 05 sections

-Partie avale 01 tronçon -----02 sections

Les principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau N°08

Tableau N°8 : Principales caractéristiques des tronçons de l'oued El Arab

N°Tronçon	La profondeur H (m)	Longueur (m)	La largeur B (m)	Pente (m /m)	Observation
1	0.49		10.45		Rectiligne
2	0.98	266.55	21.62	0.00128	Rectiligne
3	0.94	70.07	26.25	0.00373	Rectiligne
4	0.86	107.75	28.72	0.00167	Rectiligne
5	1.22	50	39.24	0.0060	Rectiligne
6	1.61	200	58.79	0.00282	Rectiligne
7	1.90	150	71.55	0.00170	Rectiligne
8	2.05	150	88.86	0.00070	Rectiligne
9	3.00	150	143.88	0.00154	Rectiligne
10	5.12	250	277.3	0.00625	

Chapitre IV

Traitement et analyse des résultats

CHAPITRE IV - TRAITEMENT ET ANALYSE DES RESULTATS

Les différentes méthodes de détermination de la section stable des cours d'eau telle que (Y.A. IBADE –ZADHE ,Blench ,Simons et Alberson, Maza et Cruickshank , Lacy , JG Mamedov, JG Ivanenko, ST Altunin , VG.Gluchkov) sont basées sur le rapport de la largeur stable et de la hauteur moyenne de l'eau , la différence entre ces méthodes est l'introduction d'un des paramètres qui caractérisent le lit du cours d'eau .

IV 1-Détermination de coefficient de rugosité

Le coefficient de rugosité est un paramètre essentiel dans le calcul de la section stable par les différentes méthodes citées ci-dessus, parmi les méthodes de calcul du coefficient de rugosité on a :

IV -1-1- Le coefficient de rugosité par Y.A. IBADE –ZADHE

La rugosité par la méthode de Ibade-Zadhe se détermine par la relation suivante

Si $2 < H/d < 5000$ et $5 < B/H < 50$ alors :

$$n_{\text{réel}} = 0,013 + \left(\frac{H}{d}\right) * (\Psi + 20)^{1,5} \quad (103)$$

Si $H/d \geq 5000$

$$n_{\text{réel}} = (79 + 8,75 * \Psi) * 10^{-4} * d^{1/6}$$

Les résultats de calculs sont représentés dans le tableau N°11

Tableau N°9: Les résultats de coefficient de rugosité par la formule de Y.A. Ibade-Zadhe

La section	Le diamètre pondéré mm	La profondeur H (m)	Rapport H/d	La rugosité réelle
01	0.187	0.49	2620.32	0.024
02	0.19	0.98	5157.89	0.019
03	0.189	0.94	4973.54	0.018
04	0.0118	0.86	72881.3	0.014
05	0.011	1.22	110909.9	0.013
06	0.0036	1.61	447222	0.0116
07	0.0093	1.90	204301	0.0116
08	0.019	2.05	107894.73	0.0113
09	0.014	3.00	214285.7	0.0112
10	0.017	5.12	301176.40	0.019

IV -1-2-Le coefficient de rugosité par Strickler

$$n = 0.047 d^{1/6}$$

d : diamètre moyen des grains en mm.

Les résultats du coefficient de rugosité calculé par la méthode Strickler est regroupés dans le tableau N°10

Tableau N° 10 : Résultats de calculs du coefficient de rugosité n par Strickler

La Section	d50 mm	Coefficient de rugosité n Strickler 1923
1	7	0.0650
2	7	0.0650
3	7	0.0650
4	0.004	0.0187
5	0.0056	0.0198
6	0.0014	0.0157
7	0.002	0.0167
8	0.0079	0.0210
9	0.014	0.0231
10	0.0111	0.0222

IV -2-Résultats de largeur stable de la section transversale de l'oued

IV -2-1-Méthode de Ibade Zadhe

Tableau N°11 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Les résultats de la méthode d'IBAD ZADE sont donnés sous forme de tableaux,

$u = \frac{y}{H_m}$, $\mu = \frac{x}{H_m}$ et $\frac{B}{H_m}$ en fonction du Ψ angle d'équilibre hydrodynamique

$0 < u < 1$

μ est obtenue à partir des tableau de Ibade Zadhe

Section 01

$n=0,024$ et $\Psi=24^\circ$

U	H_m (m)	$y = H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H_m}$	$x = \mu \times H_m$ (m)
0	0,49	0	3,62	1,7738
0,1	0,49	0,049	3,39	1,6611
0,2	0,49	0,098	3,15	1,5435
0,3	0,49	0,147	2,9	1,421
0,4	0,49	0,196	2,64	1,2936
0,5	0,49	0,245	2,37	1,1613
0,6	0,49	0,294	2,074	1,01626
0,7	0,49	0,343	1,75	0,8575
0,8	0,49	0,392	1,37	0,6713
0,9	0,49	0,441	0,86	0,4214
0,95	0,49	0,4655	0,522	0,25578

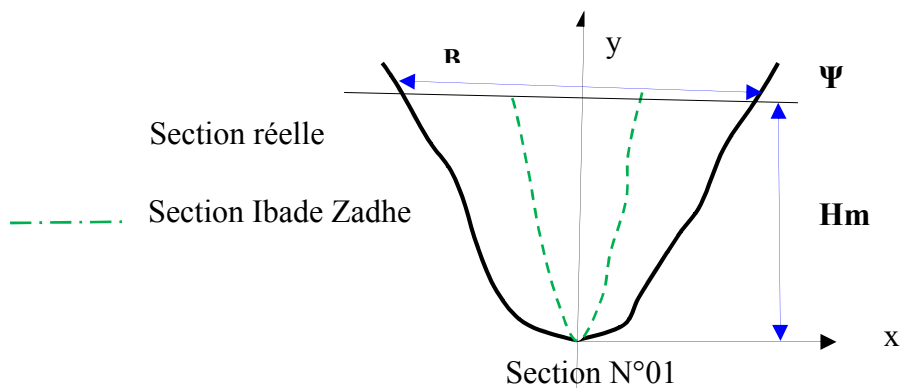


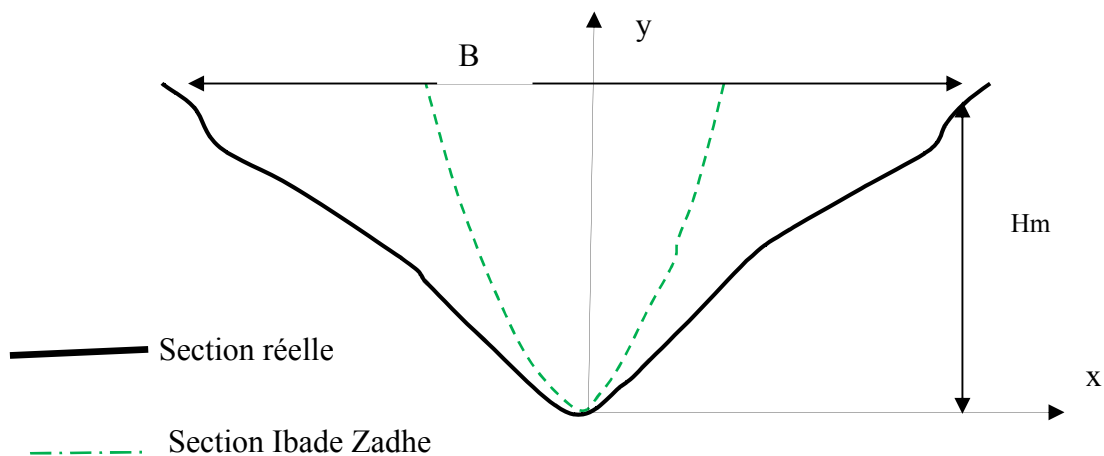
Figure N° 19 Tracé de la section transversale stable N°01 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°12 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section 02

$n=0,019$ et $\Psi=20^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	0,98	0	4,37	4,2826
0,1	0,98	0,098	4,09	4,0082
0,2	0,98	0,196	3,81	3,7338
0,3	0,98	0,294	3,51	3,4398
0,4	0,98	0,392	3,2	3,136
0,5	0,98	0,49	2,86	2,8028
0,6	0,98	0,588	2,6	2,548
0,7	0,98	0,686	2,1	2,058
0,8	0,98	0,784	1,63	1,5974
0,9	0,98	0,882	1,04	1,0192
0,95	0,98	0,931	0,63	0,6174



Section N°02

Figure N°20 Tracé de la section transversale stable N°02 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°13 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section n°03

$n=0,018$ et $\Psi=19^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	0,94	0	4,2	3,948
0,1	0,94	0,094	3,93	3,6942
0,2	0,94	0,188	3,66	3,4404
0,3	0,94	0,282	3,37	3,1678
0,4	0,94	0,376	3,07	2,8858
0,5	0,94	0,47	2,75	2,585
0,6	0,94	0,564	2,5	2,35
0,7	0,94	0,658	2,02	1,8988
0,8	0,94	0,752	1,57	1,4758
0,9	0,94	0,846	1	0,94
0,95	0,94	0,893	0,61	0,5734

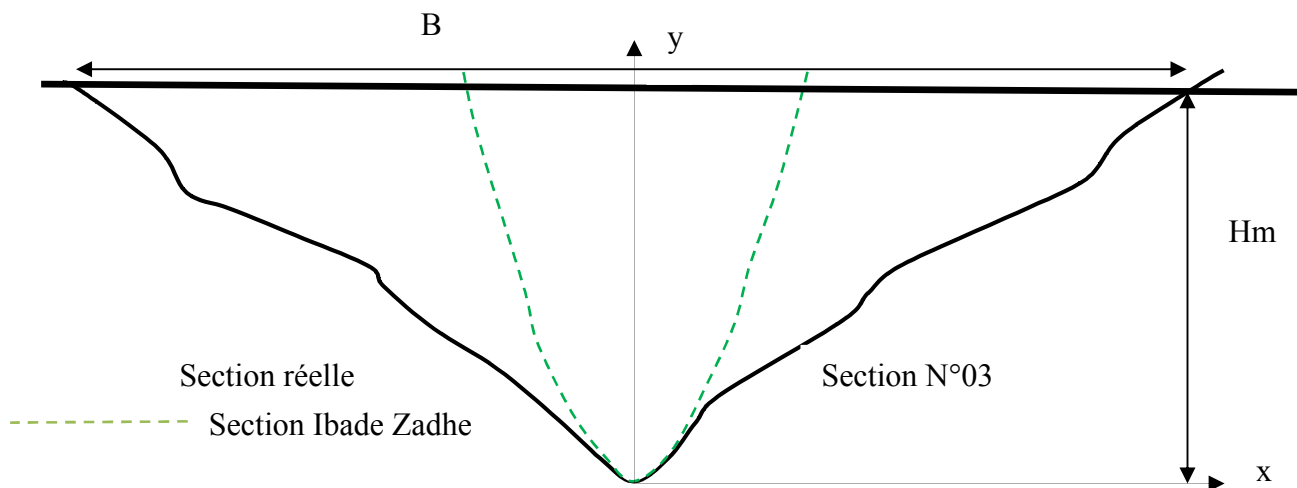


Figure N°21 Tracé de la section transversale stable N°03 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°14 : Résultats des sections stables par la méthode de l'Ibade Zadhe

Section N°04

$n=0,013$ et $\Psi=25^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	0,86	0	3,51	3,0186
0,1	0,86	0,086	3,29	2,8294
0,2	0,86	0,172	3,07	2,6402
0,3	0,86	0,258	2,83	2,4338
0,4	0,86	0,344	2,58	2,2188
0,5	0,86	0,43	2,32	1,9952
0,6	0,86	0,516	2,04	1,7544
0,7	0,86	0,602	1,72	1,4792
0,8	0,86	0,688	1,35	1,161
0,9	0,86	0,774	0,87	0,7482
0,95	0,86	0,817	0,53	0,4558

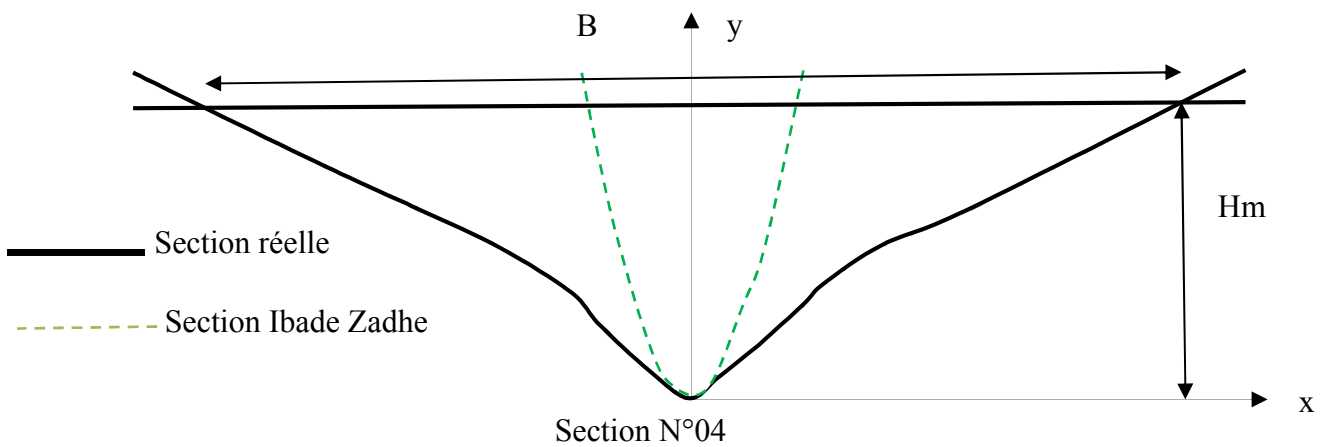


Figure N° 22 Tracé de la section transversale stable N°04 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°15 : Résultats des sections stables par la méthode de l'Ibade Zadhe

Section N°05

$n=0,013$ et $\Psi=23^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H_m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	1,22	0	3,85	4,697
0,1	1,22	0,122	3,61	4,4042
0,2	1,22	0,244	3,37	4,1114
0,3	1,22	0,366	3,1	3,782
0,4	1,22	0,488	2,83	3,4526
0,5	1,22	0,61	2,54	3,0988
0,6	1,22	0,732	2,26	2,7572
0,7	1,22	0,854	1,87	2,2814
0,8	1,22	0,976	1,46	1,7812
0,9	1,22	1,098	0,94	1,1468
0,95	1,22	1,159	0,57	0,6954

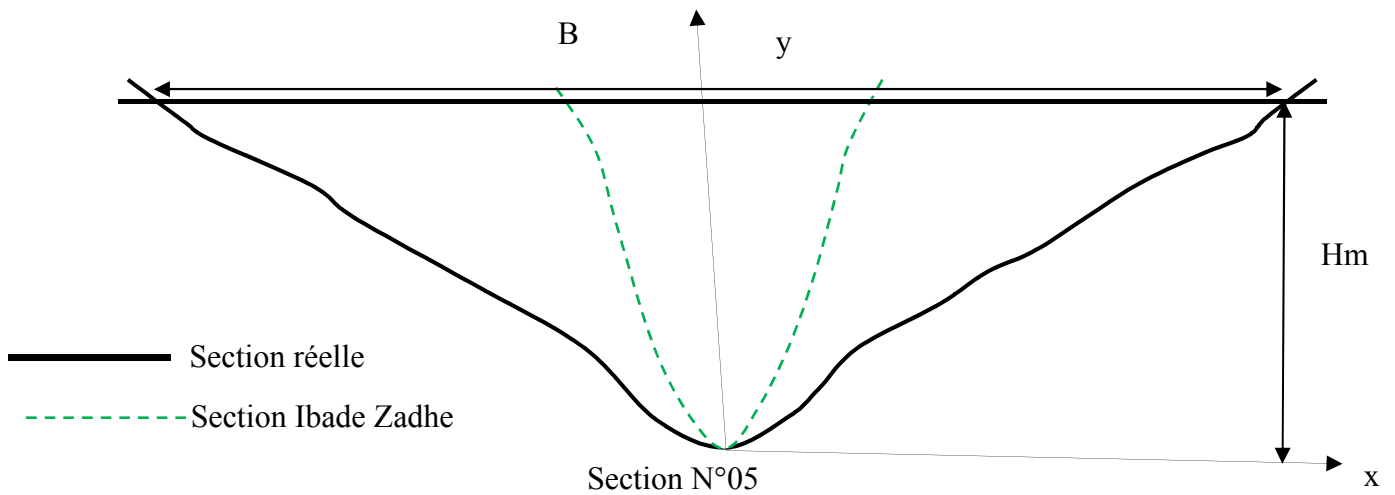


Figure N°23 Tracé de la section transversale stable N°05 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°16: Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section n°06

$n=0,0116$ et $\Psi=25^\circ$

u	H_m (m)	y= H_m x u (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	x= μ x H_m (m)
0	1,61	0	3,51	5,6511
0,1	1,61	0,161	3,29	5,2969
0,2	1,61	0,322	3,07	4,9427
0,3	1,61	0,483	2,83	4,5563
0,4	1,61	0,644	2,58	4,1538
0,5	1,61	0,805	2,32	3,7352
0,6	1,61	0,966	2,04	3,2844
0,7	1,61	1,127	1,72	2,7692
0,8	1,61	1,288	1,35	2,1735
0,9	1,61	1,449	0,87	1,4007
0,95	1,61	1,5295	0,53	0,8533

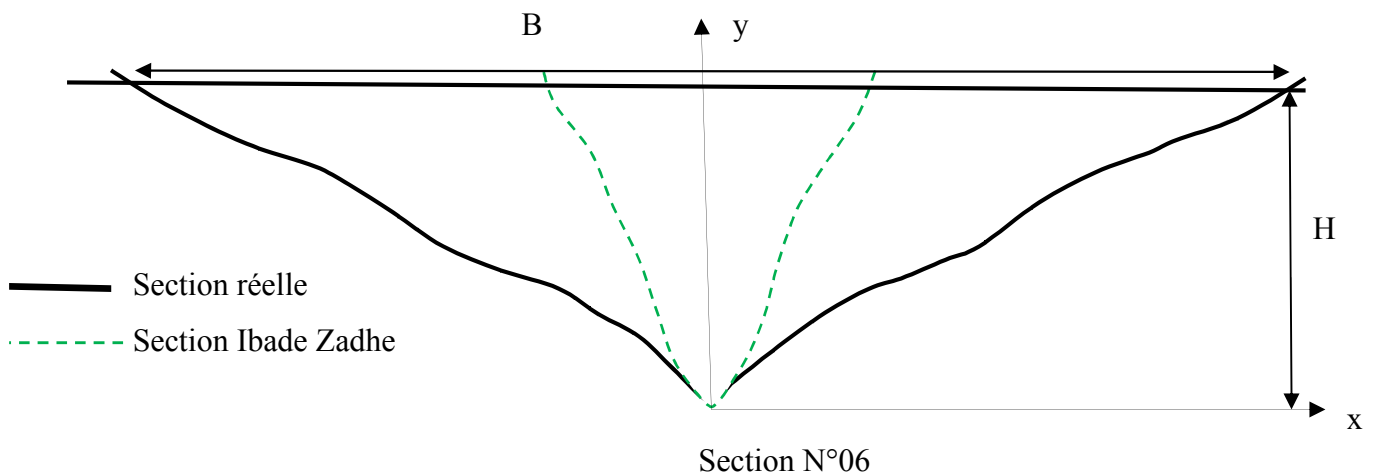


Figure N°24 Tracé de la section transversale stable N°06 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°17 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section 07

$n=0,0117$ et $\Psi=20^\circ$

u	H_m (m)	y = H_m x u (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	x = $\mu \times H_m$ (m)
0	1,9	0	4,37	8,303
0,1	1,9	0,19	4,09	7,771
0,2	1,9	0,38	3,81	7,239
0,3	1,9	0,57	3,51	6,669
0,4	1,9	0,76	3,2	6,08
0,5	1,9	0,95	2,86	5,434
0,6	1,9	1,14	2,6	4,94
0,7	1,9	1,33	2,1	3,99
0,8	1,9	1,52	1,63	3,097
0,9	1,9	1,71	1,04	1,976
0,95	1,9	1,805	0,63	2,55

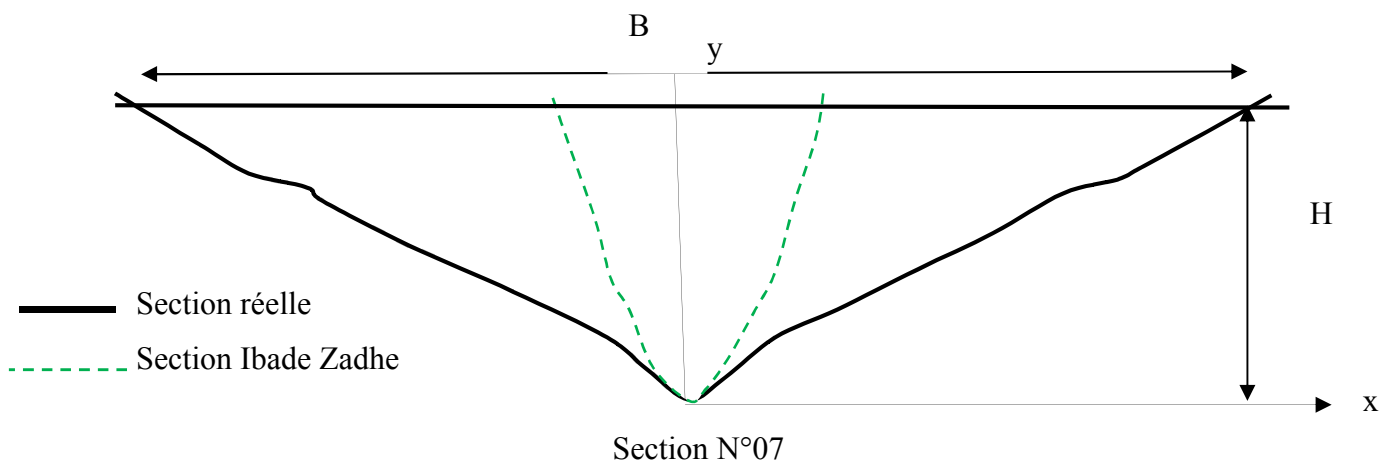


Figure N°25 Tracé de la section transversale stable N°07 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°18 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section 08

$n=0,0113$ et $\Psi=16^\circ$

u	H_m (m)	$y = H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H n}$	$x = \mu \times H_m$ (m)
0	2.05	0	5,63	16,89
0,1	2.05	0.205	5,28	15,84
0,2	2.05	0.41	4,92	14,76
0,3	2.05	0.615	4,54	13,62
0,4	2.05	0.82	4,15	12,45
0,5	2.05	1.025	3,73	11,19
0,6	2.05	1.230	3,29	9,87
0,7	2.05	1.435	2,74	8,22
0,8	2.05	1.64	2,13	6,39
0,9	2.05	1.845	1,38	4,14
0,95	2.05	1.9475	0,85	2,55

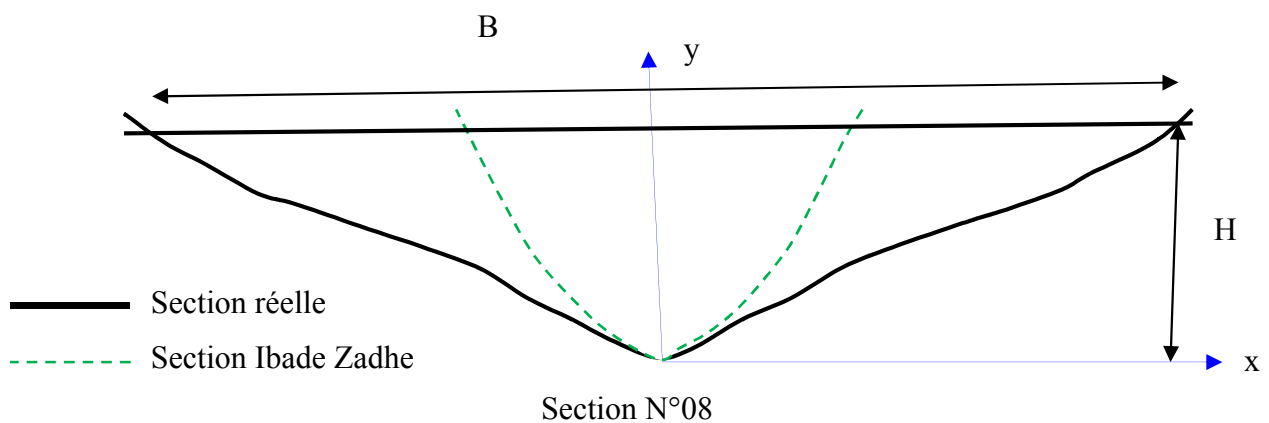


Figure N°26 Tracé de la section transversale stable N°08 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°19 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section 09

n=0.0112 et $\Psi=17^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	3	0	5,31	15,93
0,1	3	0,3	4,98	14,94
0,2	3	0,6	4,64	13,92
0,3	3	0,9	4,28	12,84
0,4	3	1,2	3,914	11,742
0,5	3	1,5	3,514	10,542
0,6	3	1,8	3,122	9,366
0,7	3	2,1	2,58	7,74
0,8	3	2,4	2	6
0,9	3	2,7	1,298	3,894
0,95	3	2,85	0,792	2,376

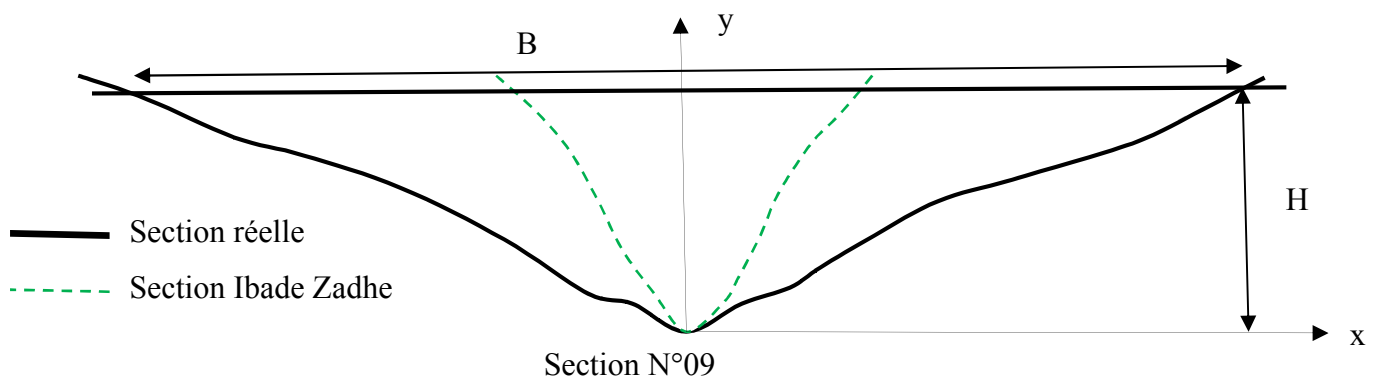


Figure N°27 Tracé de la section transversale stable N°09 par la méthode Ibade Zadhe

Tableau N°20 : Résultats des sections stables par la méthode du Ibade Zadhe

Section 10

n=0.019 et $\Psi=35^\circ$

u	H_m (m)	$y= H_m \times u$ (m)	$\mu = \frac{x}{H m}$	$x= \mu \times H_m$ (m)
0	5,12	0	2,38	12,1856
0,1	5,12	0,512	2,23	11,4176
0,2	5,12	1,024	2,08	10,6496
0,3	5,12	1,536	1,92	9,8304
0,4	5,12	2,048	1,75	8,96
0,5	5,12	2,56	1,57	8,0384
0,6	5,12	3,072	1,38	7,0656
0,7	5,12	3,584	1,17	5,9904
0,8	5,12	4,096	0,92	4,7104
0,9	5,12	4,608	0,6	3,072
0,95	5,12	4,864	0,36	1,8432

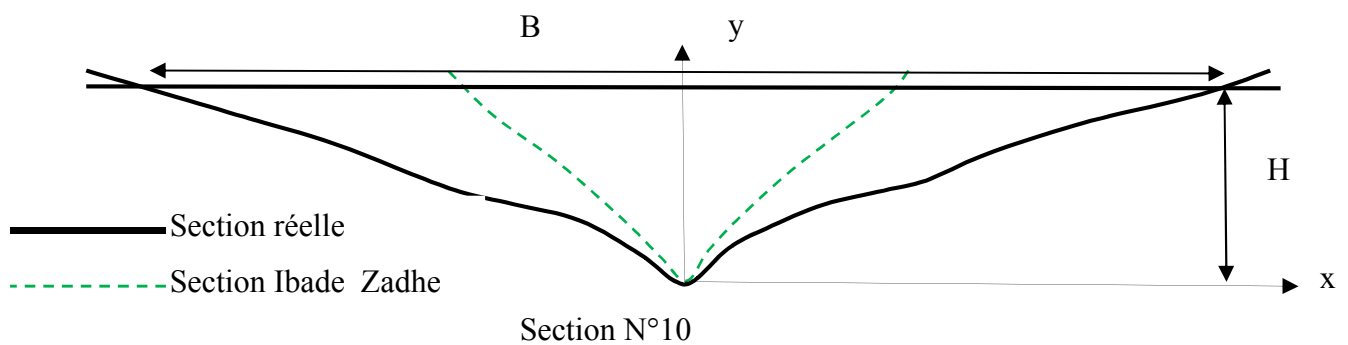


Figure N°28 Tracé de la section transversale stable N°10 par la méthode Ibade Zadhe

IV -2-2-L'application de la méthode d'Altounin

$$B = A Q^{0.5} / I^{0.2}$$

$$A = [n K^{5/3}]^3 / (3 + 5 m)$$

Tableau N°21 : Résultats de la largeur stable par la formule de ST Altounin

Section	n	Q=530 m3/s	Q ^{0.5}	La pente I m/m	I ^{0.2}	La largeur B m
1--1	0.065	530	23.02172887	0.00128	0.26390158	95.96435
2--2	0.065	530	23.02172887	0.00373	0.32684494	77.48
3--3	0.065	530	23.02172887	0.00167	0.27831928	90.99
4--4	0.0187	530	23.02172887	0.006	0.35944318	70.45
5--5	0.0198	530	23.02172887	0.00282	0.309065	81.94
6--6	0.0157	530	23.02172887	0.00107	0.25461076	99.46
7--7	0.0167	530	23.02172887	0.0007	0.23389428	108.27
8--8	0.021	530	23.02172887	0.00154	0.27384458	92.47
9--9	0.0231	530	23.02172887	0.00625	0.36238983	69.88
10--10	0.0222	530	23.02172887	0.00098	0.25017575	101.22

La largeur stable dans la méthode d'Altounin est en fonction de la pente du lit de l'oued et en fonction du débit d'écoulement.

$$B=f(Q,I)$$

IV -2-3-L'application de la méthode de JG Ivanenko

Tableau N°22-Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

La largeur stable en fonction de la profondeur moyenne

$$\frac{B}{H_{moy}} = (a + 2). m$$

Avec (a=1)

Section 01

$\Psi^\circ = 24^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.24603677	0	0	0
2.24603677	0.1	0.67381103	0.34
2.24603677	0.2	1.34762206	0.67
2.24603677	0.3	2.0214331	1.01
2.24603677	0.4	2.69524413	1.35
2.24603677	0.49	3.30167406	1.65

2

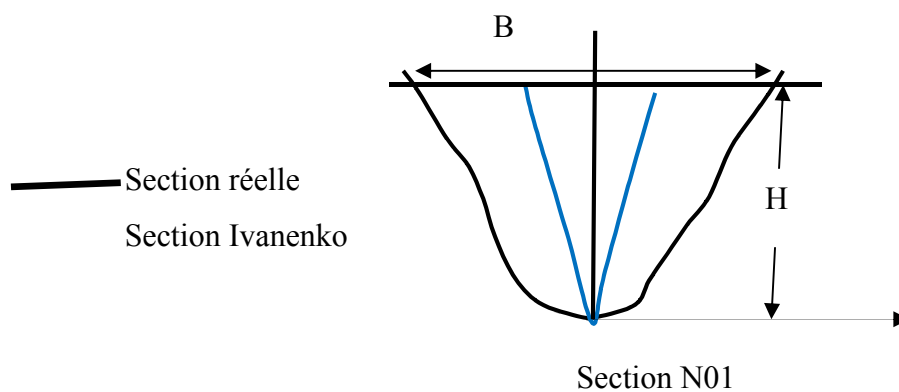


Figure N°29 Tracé de la section transversale stable N°01 par la méthode Ivanenko

Tableau N°23- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°02

$\Psi^\circ = 20^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.74747742	0	0	0
2.74747742	0.2	1.64848645	0.82
2.74747742	0.4	3.2969729	1.65
2.74747742	0.6	4.94545936	2.47
2.74747742	0.8	6.59394581	3.30
2.74747742	0.98	8.07758361	4.04

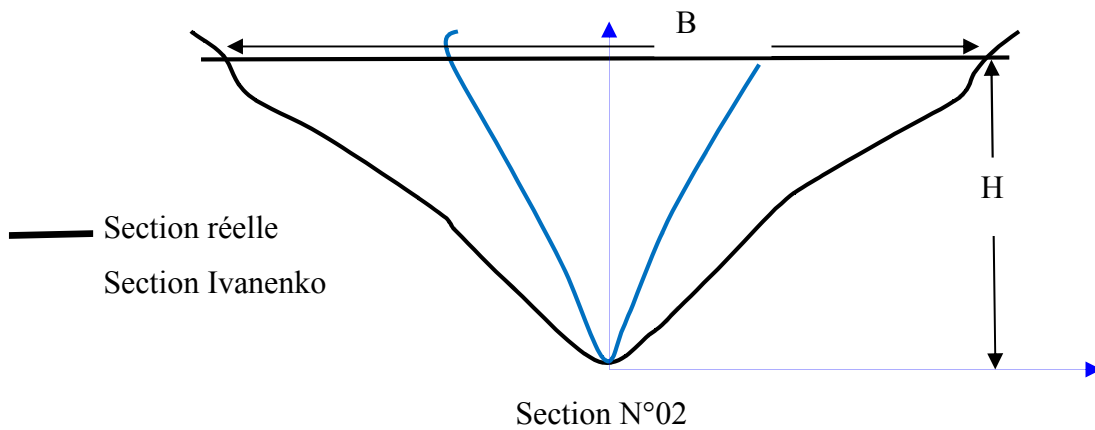


Figure N°30 Tracé de la section transversale stable N°02 par la méthode Ivanenko

Tableau N°24- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°03

$\Psi^\circ = 19^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.90421088	0	0	0
2.90421088	0.2	1.74252653	0.87
2.90421088	0.4	3.48505305	1.74
2.90421088	0.6	5.22757958	2.61
2.90421088	0.8	6.97010611	3.49
2.90421088	0.94	8.18987468	4.09

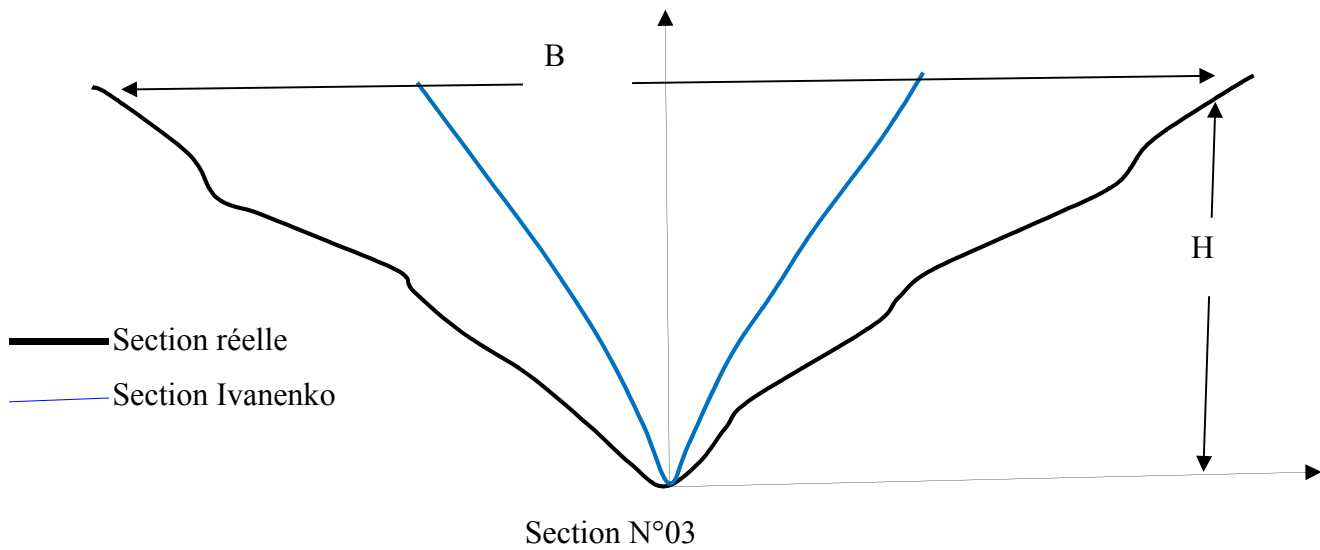


Figure N° 31 Tracé de la section transversale stable N°03 par la méthode Ivanenko

Tableau N°25- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°04

$\Psi^\circ = 25^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.14450692	0	0	0
2.14450692	0.2	1.28670415	0.64
2.14450692	0.4	2.5734083	1.29
2.14450692	0.6	3.86011246	1.93
2.14450692	0.8	5.14681661	2.57
2.14450692	0.86	5.53282785	2.77
2.1445069	0.94	6.047509514	3.02
2.1445069	0.98	6.304850345	3.15

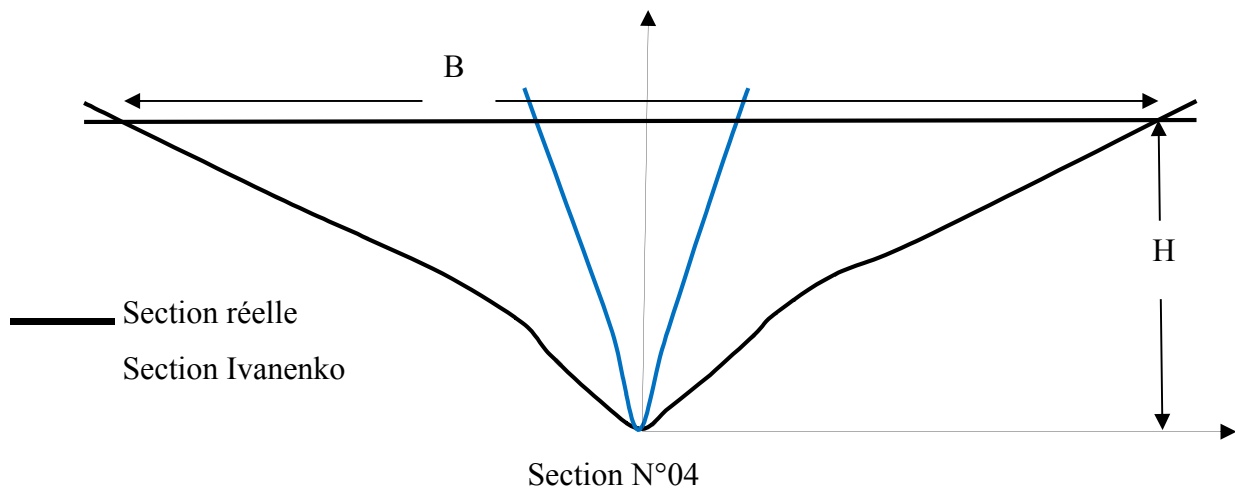


Figure N°32 Tracé de la section transversale stable N°04 par la méthode Ivanenko

Tableau N°26- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°05

$\Psi^\circ = 23^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.35585237	0	0	0
2.35585237	0.2	1.41351142	0.71
2.35585237	0.4	2.82702284	1.41
2.35585237	0.6	4.24053426	2.12
2.35585237	0.8	5.65404568	2.83
2.35585237	1	7.0675571	3.53
2.35585237	1.22	8.62241966	4.31

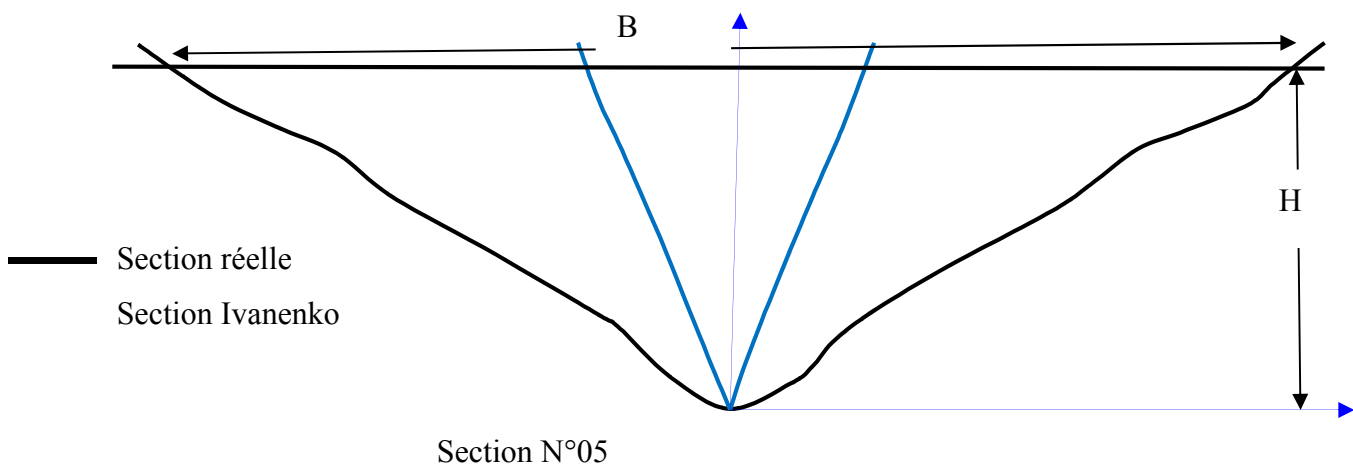


Figure N°33 Tracé de la section transversale stable N°05 par la méthode Ivanenko

Tableau N°27- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°06

$\Psi^\circ = 25^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.14450692	0	0	0
2.14450692	0.2	1.28670415	0.64
2.14450692	0.4	2.5734083	1.29
2.14450692	0.6	3.86011246	1.93
2.14450692	0.8	5.14681661	2.57
2.14450692	1	6.43352076	3.22
2.14450692	1.22	7.84889533	3.92
2.14450692	1.4	9.00692907	4.50
2.14450692	1.61	10.3579684	5.18

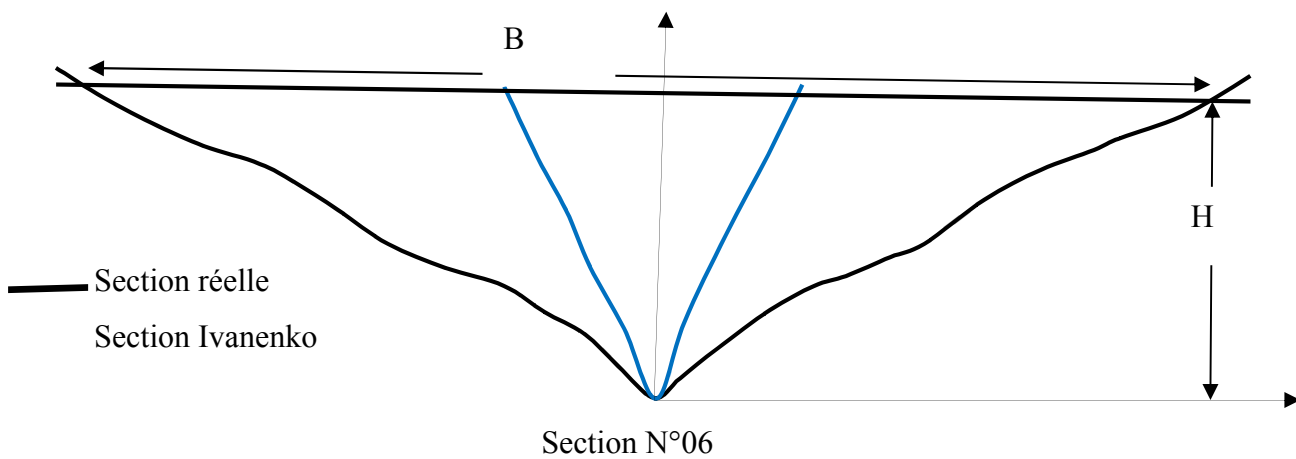


Figure N°34 Tracé de la section transversale stable N°06 par la méthode Ivanenko

Tableau N°28- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°07

$\Psi^\circ = 20^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
2.74747742	0.2	1.64848645	0.82
2.74747742	0.4	3.2969729	1.65
2.74747742	0.6	4.94545936	2.47
2.74747742	0.8	6.59394581	3.30
2.74747742	1	8.24243226	4.12
2.74747742	1.22	10.0557674	5.03
2.74747742	1.4	11.5394052	5.77
2.74747742	1.61	13.2703159	6.64
2.74747742	1.8	14.8363781	7.42
2.74747742	1.9	15.6606213	7.83

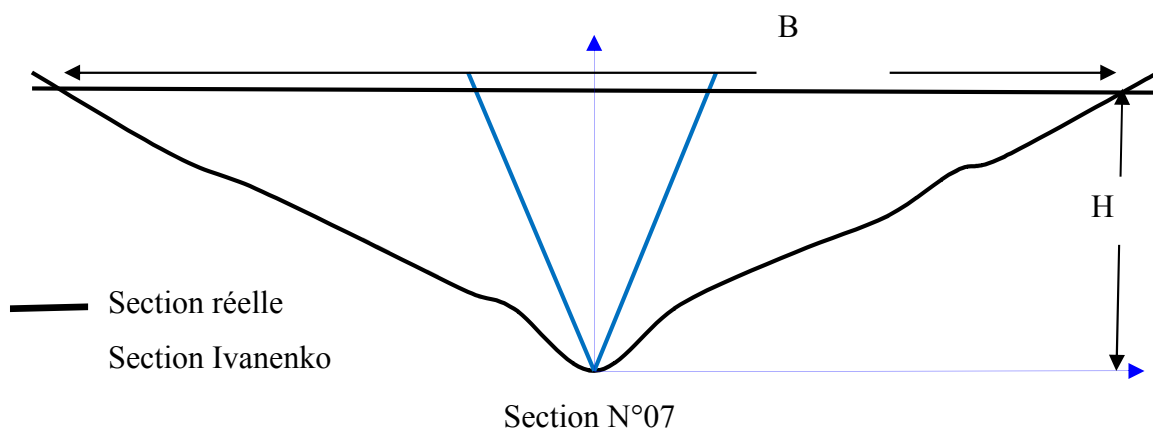


Figure N°35 Tracé de la section transversale stable N°07 par la méthode Ivanenko

Tableau N°29- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N° 08

$\Psi^\circ=16^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
3.48741444	0	0	0
3.48741444	0.2	2.09244867	1.05
3.48741444	0.4	4.18489733	2.09
3.48741444	0.6	6.277346	3.14
3.48741444	0.8	8.36979467	4.18
3.48741444	1	10.4622433	5.23
3.48741444	1.22	12.7639369	6.38
3.48741444	1.4	14.6471407	7.32
3.48741444	1.61	16.8442118	8.42
3.48741444	1.8	18.832038	9.42
3.48741444	1.9	19.8782623	9.94
3.48741444	2.05	21.4475988	10.72

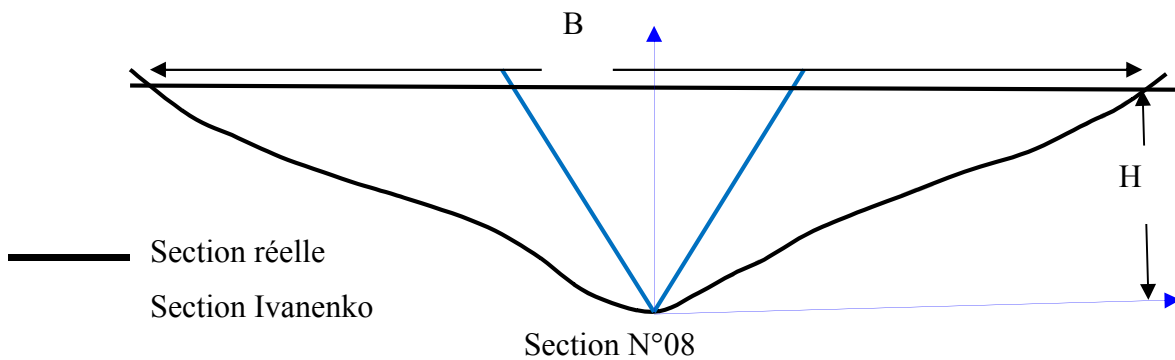


Figure N°36 Tracé de la section transversale stable N°08 par la méthode Ivanenko

Tableau N°30- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°09

$\Psi^\circ=17^\circ$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
3.27085262	0	B	0
3.27085262	0.2	1.96251157	0.98
3.27085262	0.4	3.92502314	1.96
3.27085262	0.6	5.88753471	2.94
3.27085262	0.8	7.85004628	3.93
3.27085262	1	9.81255786	4.91
3.27085262	1.22	11.9713206	5.99
3.27085262	1.4	13.737581	6.87
3.27085262	1.61	15.7982181	7.90
3.27085262	1.8	17.6626041	8.83
3.27085262	1.9	18.6438599	9.32
3.27085262	2.05	20.1157436	10.06
3.27085262	2.5	24.5313946	12.27
3.27085262	3	29.4376736	14.72

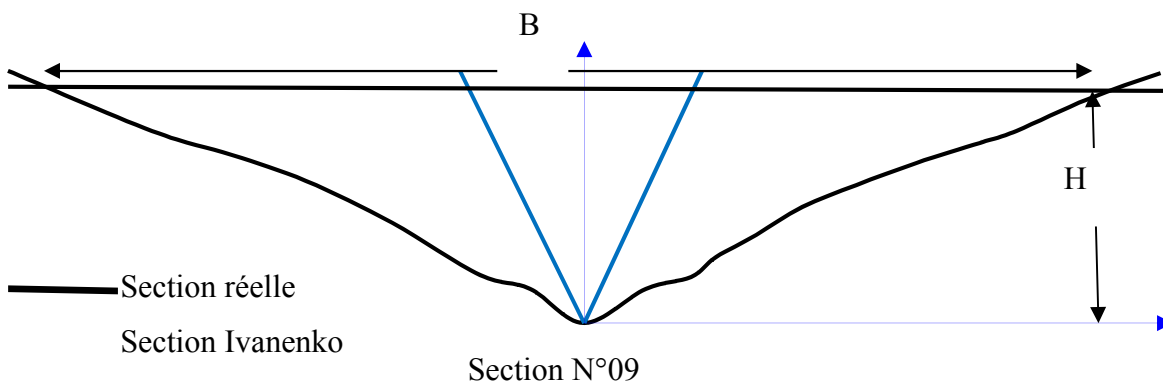


Figure N°37 Tracé de la section transversale stable N°09 par la méthode Ivanenko

Tableau N°31- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Ivanenko

Section N°10

$\Psi^\circ=35$

$m = \text{ctg } \Psi$	H m	B m	B/2 m
1.42814801	0	0	0
1.42814801	0.2	0.8568888	0.43
1.42814801	0.4	1.71377761	0.86
1.42814801	0.6	2.57066641	1.29
1.42814801	0.8	3.42755522	1.71
1.42814801	1	4.28444402	2.14
1.42814801	1.22	5.2270217	2.61
1.42814801	1.4	5.99822163	3.00
1.42814801	1.61	6.89795487	3.45
1.42814801	1.8	7.71199924	3.86
1.42814801	1.9	8.14044364	4.07
1.42814801	2.05	8.78311024	4.39
1.42814801	2.5	10.7111101	5.36
1.42814801	3	12.8533321	6.43
1.42814801	3.5	14.9955541	7.50
1.42814801	4	17.1377761	8.57
1.42814801	4.5	19.2799981	9.64
1.42814801		21.4222201	10.71

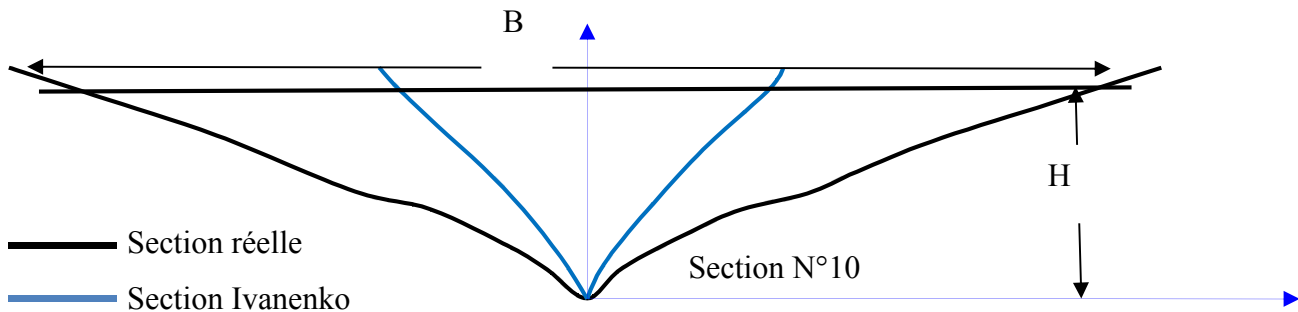


Figure N°38: Tracé de la section transversale stable N°10 par la méthode Ivanenko

IV-2-4-Application de la méthode de JG Mamédov

$$\frac{B}{H_{moy}} = 2m (1+P)$$

Avec P=2

Tableau N°34 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°01

H m	m= ctg Ψ	B m	B /2 m
0.1	2.24603677	1.35	0.67
0.2	2.24603677	2.70	1.35
0.3	2.24603677	4.04	2.02
0.4	2.24603677	5.39	2.70
0.49	2.24603677	6.60	3.30

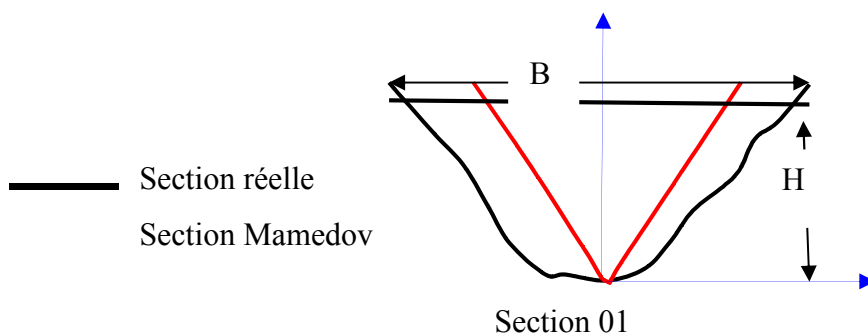


Figure N°39 Tracé de la section transversale stable N°01 par la méthode Mamedov

Tableau N°35 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°02

H m	$m = \text{ctg } \Psi$	B m	B / 2 m
0.1	2.74748	1.65	0.82
0.2	2.74748	3.30	1.65
0.3	2.74748	4.95	2.47
0.4	2.74748	6.59	3.30
0.6	2.74748	9.89	4.95
0.8	2.74748	13.19	6.59
0.86	2.74748	14.18	7.09

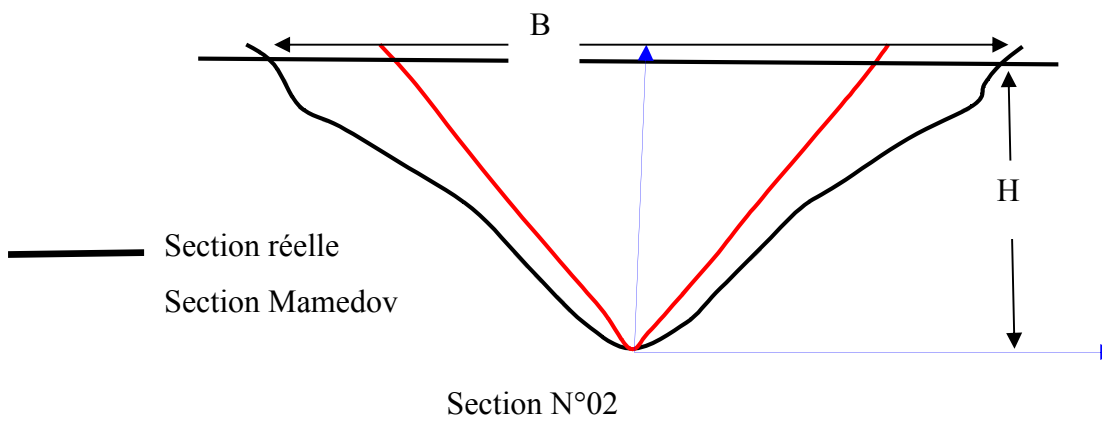


Figure N°39 Tracé de la section transversale stable N°02 par la méthode Mamedov

Tableau N°36 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°03

H m	$m = \text{ctg } \Psi$	B m	B / 2 m
0.1	2.90421	1.74	0.87
0.2	2.90421	3.49	1.74
0.3	2.90421	5.23	2.61
0.4	2.90421	6.97	3.49
0.6	2.90421	10.46	5.23
0.8	2.90421	13.94	6.97
0.86	2.90421	14.99	7.49
0.94	2.90421	16.38	8.19
0.98	2.90421	17.08	8.54

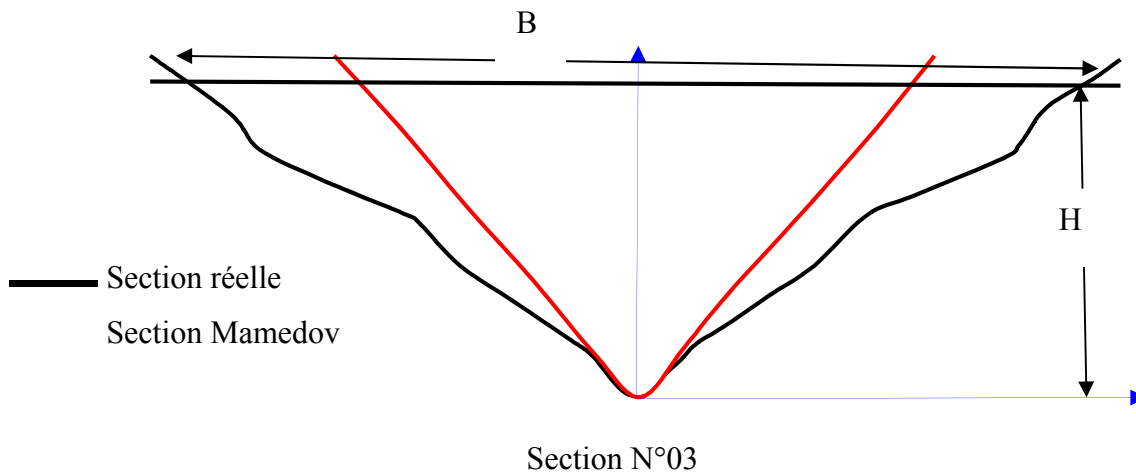


Figure N°40 Tracé de la section transversale stable N°03 par la méthode Mamedov

Tableau N°37 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°04

H m	$m = \text{ctg } \Psi$	B m	B / 2 m
0.1	2.14451	1.29	0.64
0.2	2.14451	2.57	1.29
0.3	2.14451	3.86	1.93
0.4	2.14451	5.15	2.57
0.6	2.14451	7.72	3.86
0.8	2.14451	10.29	5.15
0.86	2.14451	11.07	5.53
0.94	2.14451	12.10	6.05

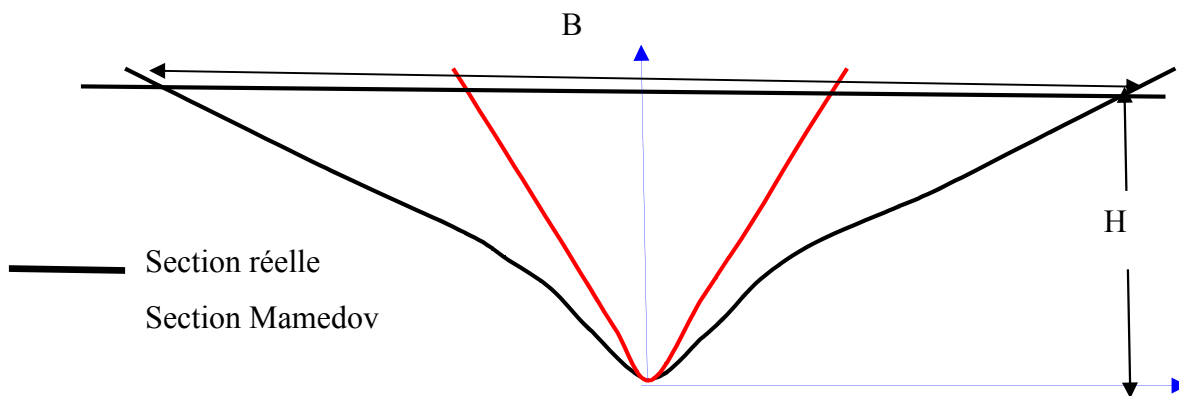


Figure N° 41 Tracé de la section transversale stable N°04 par la méthode Mamedov

Tableau N°38 : Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°05

H	$m = \text{ctg } \Psi$	B	B / 2
m		m	m
0.1	2.35585	1.41	0.71
0.2	2.35585	2.83	1.41
0.3	2.35585	4.24	2.12
0.4	2.35585	5.65	2.83
0.6	2.35585	8.48	4.24
0.8	2.35585	11.31	5.65
1	2.35585	14.14	7.07
1.2	2.35585	16.96	8.48
1.22	2.35585	17.24	8.62

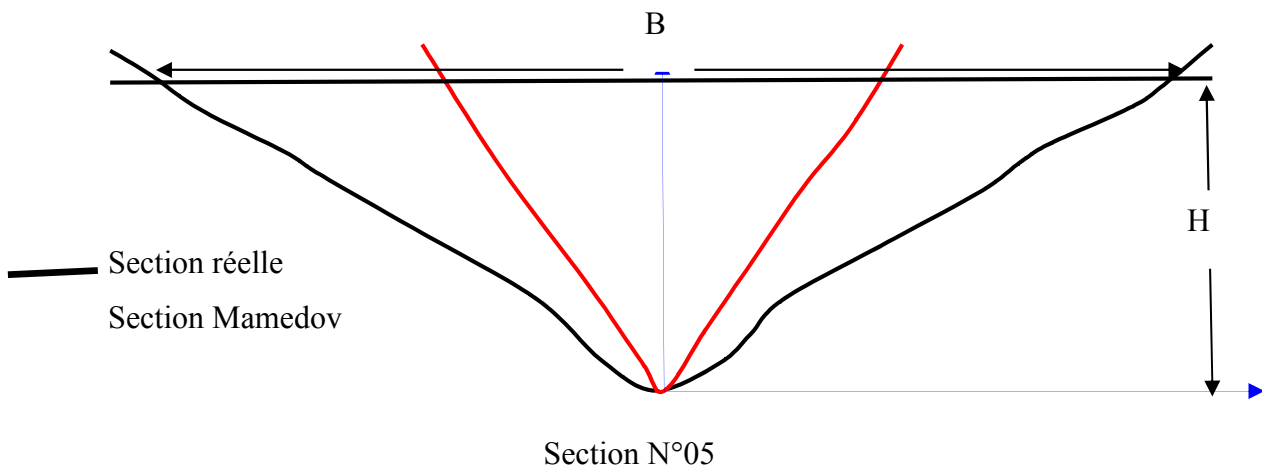


Figure N°42 Tracé de la section transversale stable N°05 par la méthode Mamedov

Tableau N°39- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°06

H m	m= ctg Ψ	B m	B /2 m
0.1	2.14451	1.29	0.64
0.2	2.14451	2.57	1.29
0.3	2.14451	3.86	1.93
0.4	2.14451	5.15	2.57
0.6	2.14451	7.72	3.86
0.8	2.14451	10.29	5.15
1	2.14451	12.87	6.43
1.2	2.14451	15.44	7.72
1.4	2.14451	18.01	9.01
1.61	2.14451	20.72	10.36

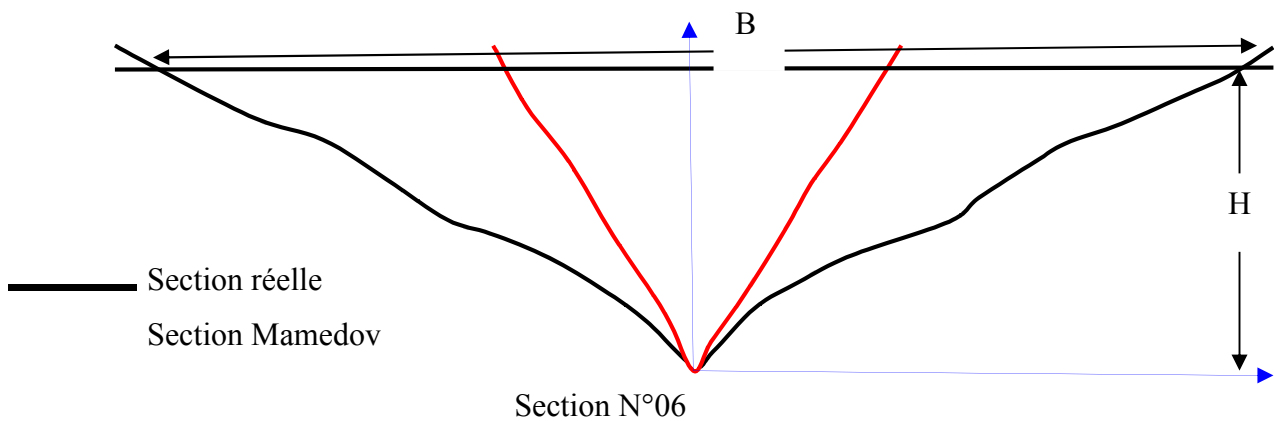


Figure N°43 Tracé de la section transversale stable N°06 par la méthode Mamedov

Tableau N°40- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°07

H m	m= ctg Ψ	B m	B /2 m
0.1	2.74748	1.65	0.82
0.2	2.74748	3.30	1.65
0.3	2.74748	4.95	2.47
0.4	2.74748	6.59	3.30
0.6	2.74748	9.89	4.95
0.8	2.74748	13.19	6.59
1	2.74748	16.48	8.24
1.2	2.74748	19.78	9.89
1.4	2.74748	23.08	11.54
1.6	2.74748	26.38	13.19
1.8	2.74748	29.67	14.84
1.9	2.74748	31.32	15.66

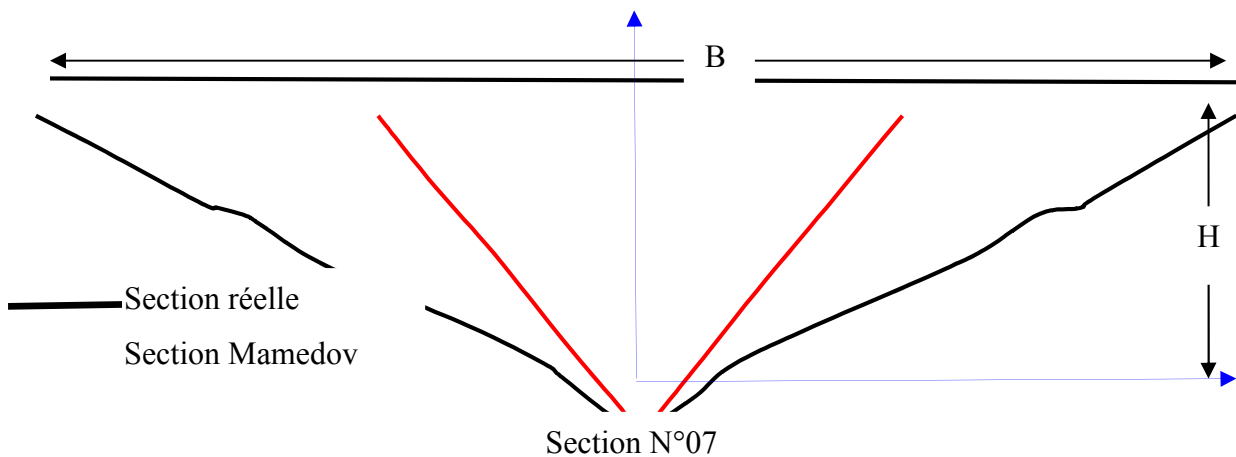


Figure N°44 Tracé de la section transversale stable N°07 par la méthode Mamedov

Tableau N°41- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°08

H m	m= ctg Ψ	B m	B /2 m
0.1	3.48741	2.09	1.05
0.2	3.48741	4.18	2.09
0.3	3.48741	6.28	3.14
0.4	3.48741	8.37	4.18
0.6	3.48741	12.55	6.28
0.8	3.48741	16.74	8.37
1	3.48741	20.92	10.46
1.2	3.48741	25.11	12.55
1.4	3.48741	29.29	14.65
1.6	3.48741	33.48	16.74
1.8	3.48741	37.66	18.83
1.9	3.48741	39.76	19.88
2.05	3.48741	42.90	21.45

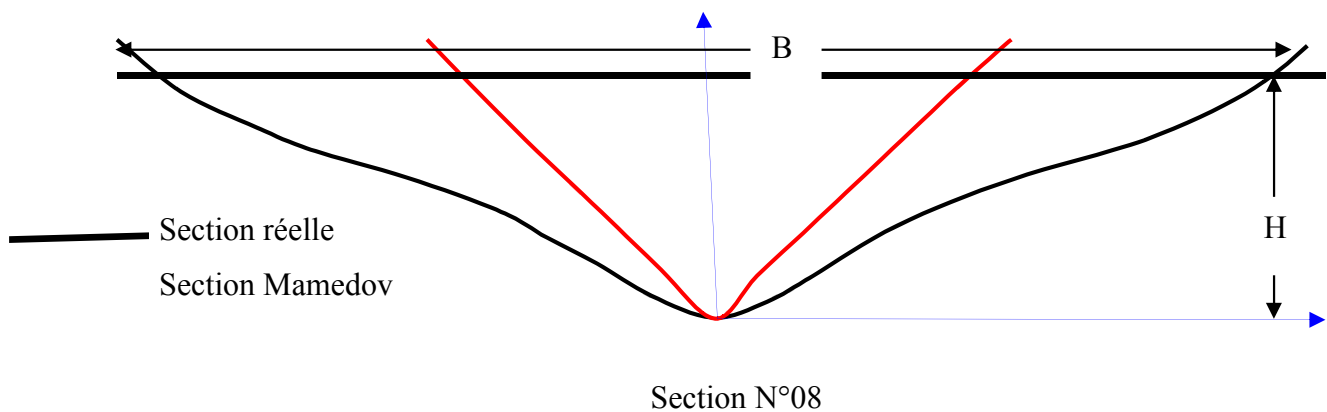


Figure N°45 Tracé de la section transversale stable N°08 par la méthode Mamedov

Tableau N°42- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°09

H	m= ctg Ψ	B	B /2
m		m	m
0.1	3.27085	1.96	0.98
0.2	3.27085	3.93	1.96
0.3	3.27085	5.89	2.94
0.4	3.27085	7.85	3.93
0.6	3.27085	11.78	5.89
0.8	3.27085	15.70	7.85
1	3.27085	19.63	9.81
1.2	3.27085	23.55	11.78
1.4	3.27085	27.48	13.74
1.6	3.27085	31.40	15.70
1.8	3.27085	35.33	17.66
1.9	3.27085	37.29	18.64
2	3.27085	39.25	19.63
2.5	3.27085	49.06	24.53
3	3.27085	58.8753	29.44

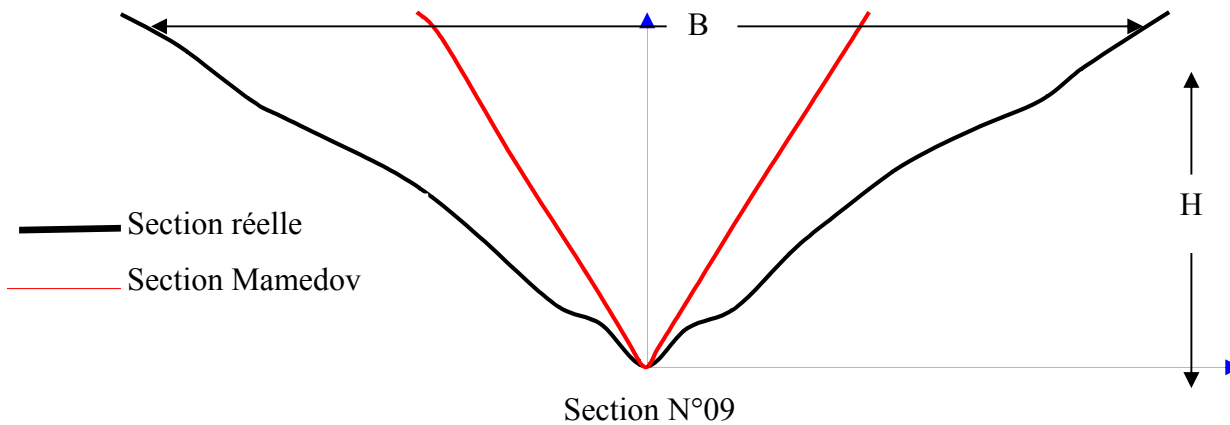


Figure N° 46 Tracé de la section transversale stable N°09 par la méthode Mamedov

Tableau N°43- Résultats de la largeur stable par la formule de JG Mamédov

Section N°10

H m	m= ctg Ψ	B m	B /2 m
0.1	1.42815	0.86	0.43
0.2	1.42815	1.71	0.86
0.3	1.42815	2.57	1.29
0.4	1.42815	3.43	1.71
0.6	1.42815	5.14	2.57
0.8	1.42815	6.86	3.43
1	1.42815	8.57	4.28
1.2	1.42815	10.28	5.14
1.4	1.42815	12.00	6.00
1.6	1.42815	13.71	6.86
1.8	1.42815	15.42	7.71
1.9	1.42815	16.28	8.14
2	1.42815	17.14	8.57
2.5	1.42815	21.42	10.71
3	1.42815	25.71	12.85
3.5	1.42815	29.99	15.00
4	1.42815	34.28	17.14
4.5	1.42815	38.56	19.28
5	1.42815	42.84	21.42

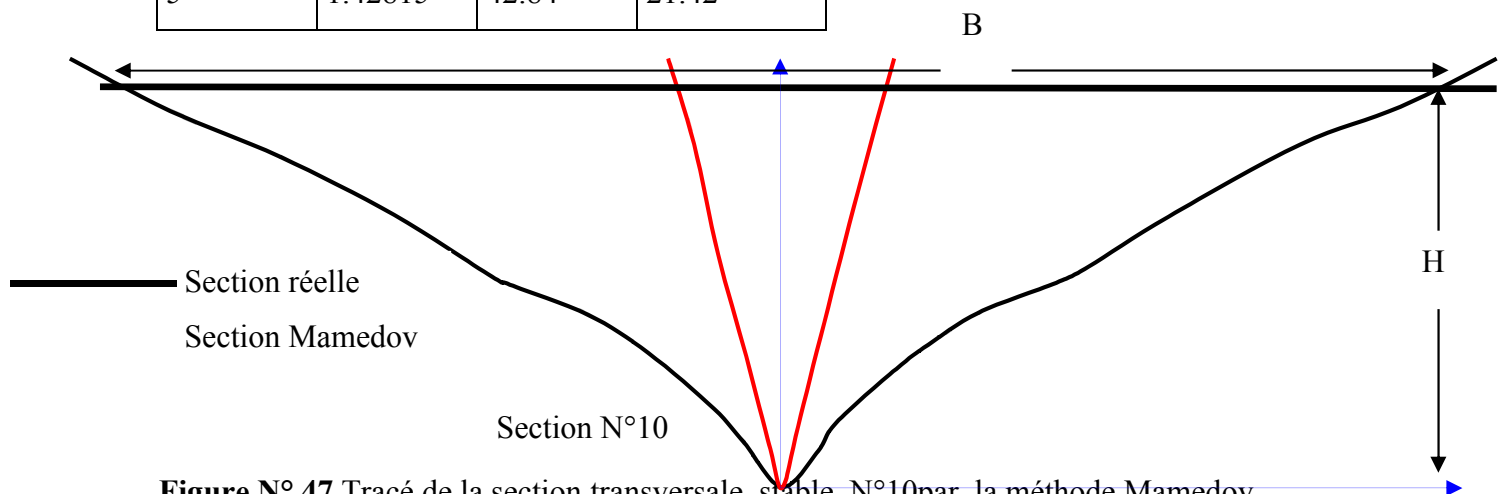


Figure N° 47 Tracé de la section transversale stable N°10 par la méthode Mamedov

IV-2-5 Application de la formule Maza et Cruickshank

$$B = \frac{(n Q^{0.67} K^{0.78} N^{0.33} E^{0.225})}{Q_B^{0.225}}$$

$$Hm = \frac{(n Q^{0.47} N^{0.23} E^{0.157})}{K^{0.44} Q_B^{0.157}}$$

$$\left(\frac{B^{0.7}}{Hm}\right) = K^{0.1019} \quad \text{avec } K=10$$

Tableau N°44 - Résultats de la largeur stable par la formule de Maza et Cruickshank

H	$H n K^{0.101}$	B m	B/2
0.1	0.0793232	0.027	0.0135
0.2	0.1586463	0.07	0.035
0.3	0.2379695	0.13	0.065
0.4	0.3172926	0.19	0.095
0.45	0.3569542	0.23	0.115
0.49	0.3886835	0.26	0.13
0.1	0.0793232	0.03	0.015
0.2	0.1586463	0.07	0.035
0.3	0.2379695	0.13	0.065
0.4	0.3172926	0.19	0.095
0.49	0.3886835	0.26	0.13
0.6	0.475939	0.35	0.175
0.86	0.6821792	0.58	0.29
0.94	0.7456377	0.66	0.33
0.96	0.7615023	0.68	0.34
0.98	0.777367	0.7	0.35
1	0.7932316	0.72	0.36
1.22	0.9677425	0.95	0.475
1.4	1.1105242	1.16	0.58
1.61	1.2771029	1.42	0.71
1.8	1.4278169	1.66	0.83
1.9	1.50714	1.8	0.9
2.05	1.6261248	2	1
2.5	1.983079	2.66	1.33
3	2.3796948	3.45	1.725
3.5	2.7763106	4.3	2.15
4	3.1729264	5.2	2.6
4.5	3.5695421	6.16	3.08
5.12	4.0613457	7.41	3.705

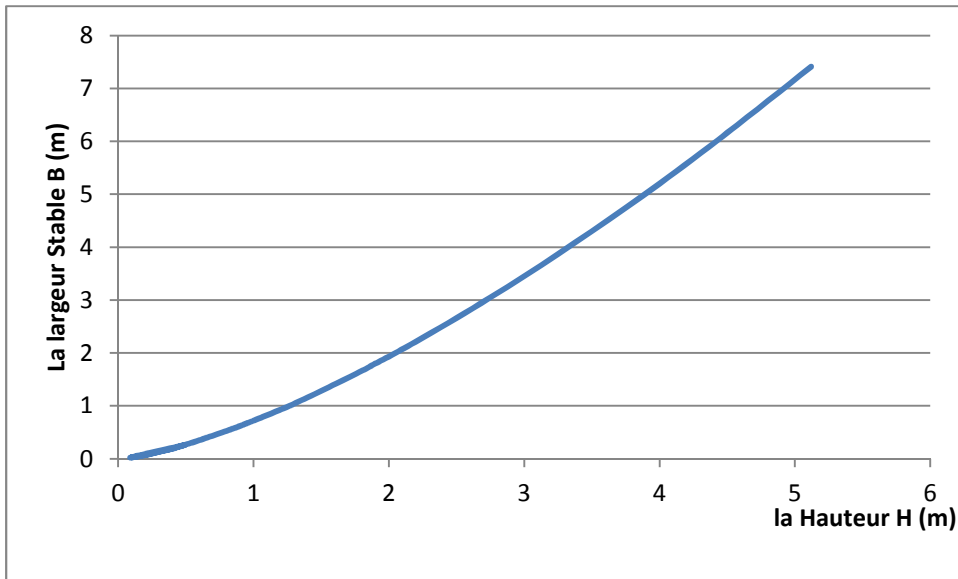


Figure N° 48 : la variation de la largeur stable en fonction de H_{moy} relation Maza et Cruickshank

IV-2-6-Application de la méthode Blench

$$\frac{B^2}{H^3} = 1.7745 \left(\frac{F_b^3}{F_s^2} \right)$$

Tableau N°45- Résultats de la méthode de Blench

H	F_b^3	F_s^2	$\frac{F_b^3}{F_s^2}$	B
0.1	1.728	0.09	19.2	0.24
0.2	1.728	0.09	19.2	0.69
0.3	1.728	0.09	19.2	1.27
0.4	1.728	0.09	19.2	1.95
0.49	1.728	0.09	19.2	2.64
0.6	1.728	0.09	19.2	3.58
0.86	1.728	0.09	19.2	6.14
0.94	1.728	0.09	19.2	7.02
0.98	1.728	0.09	19.2	7.47
1	1.728	0.09	19.2	7.70
1.22	1.728	0.09	19.2	10.37
1.4	1.728	0.09	19.2	12.75
1.61	1.728	0.09	19.2	15.73
1.8	1.728	0.09	19.2	18.59
1.9	1.728	0.09	19.2	20.16
2.05	1.728	0.09	19.2	22.60
2.5	1.728	0.09	19.2	30.43
3	1.728	0.09	19.2	40.00
3.5	1.728	0.09	19.2	50.41
4	1.728	0.09	19.2	61.59
4.5	1.728	0.09	19.2	73.49
5.12	1.728	0.09	19.2	89.19

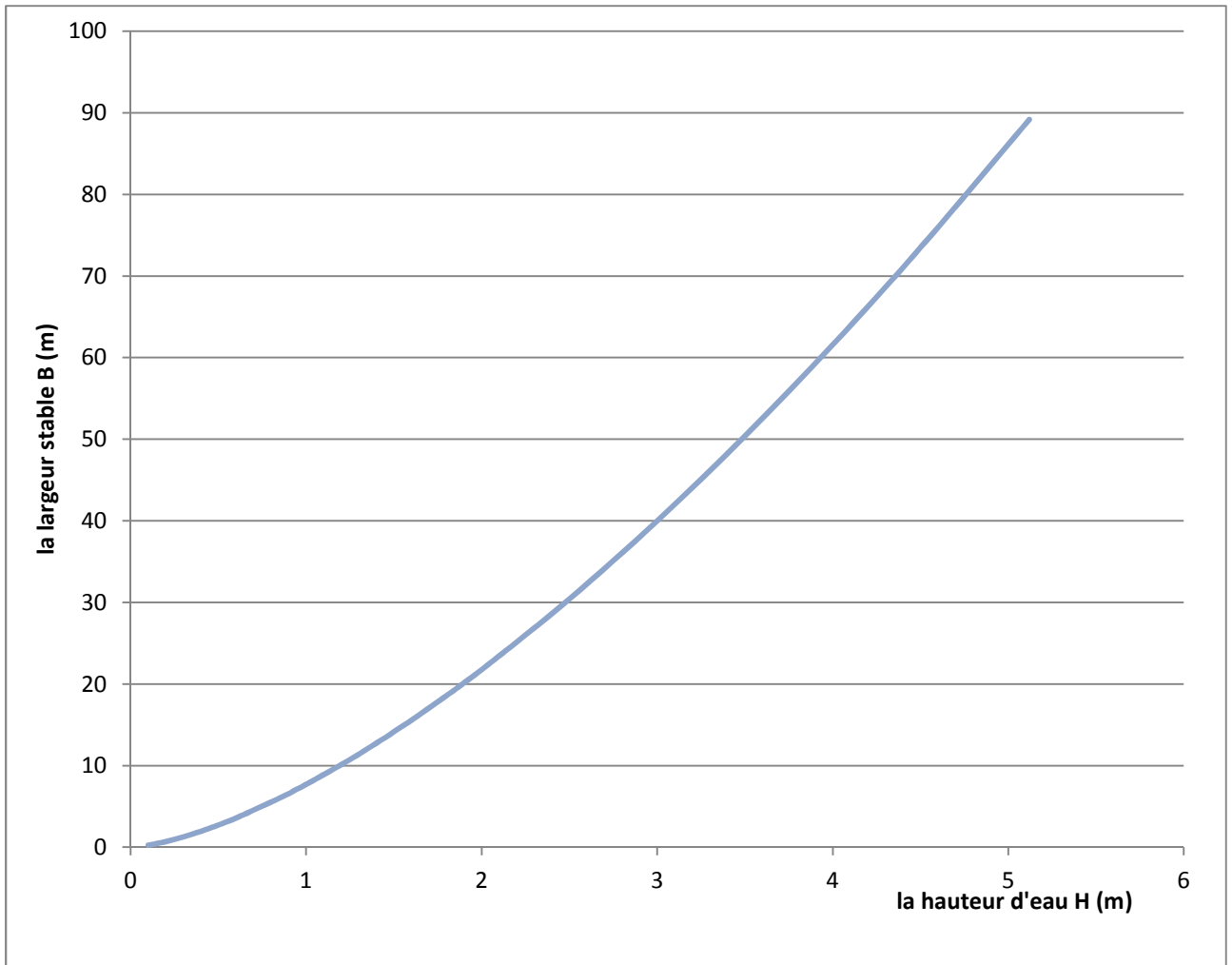


Figure N°49 : la variation de la largeur stable en fonction de H_{moy} relation de Blench

Dans cette méthode la variation de largeur B et la hauteur H_{moy} est en fonction de deux paramètres F_s et F_b

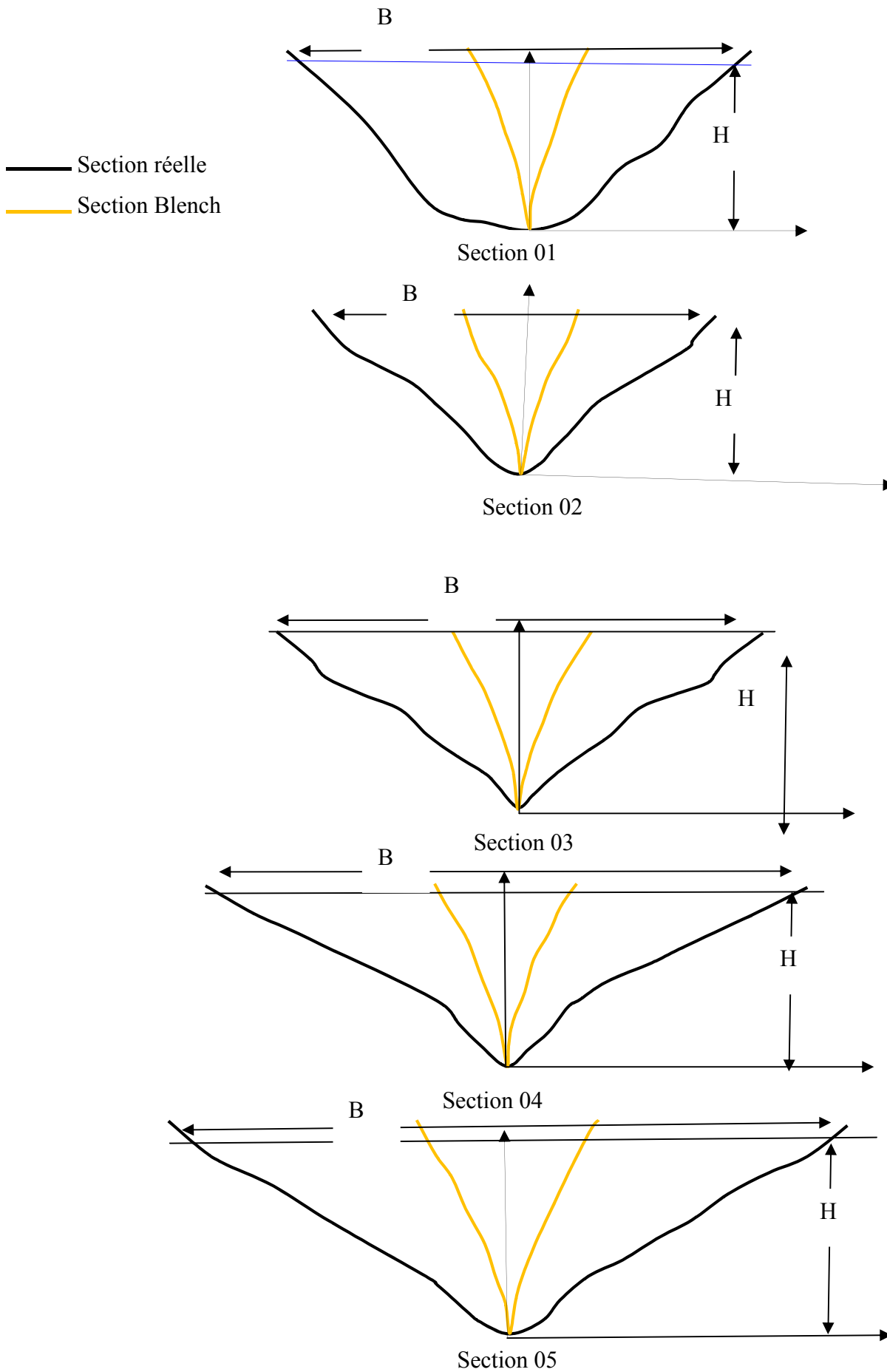
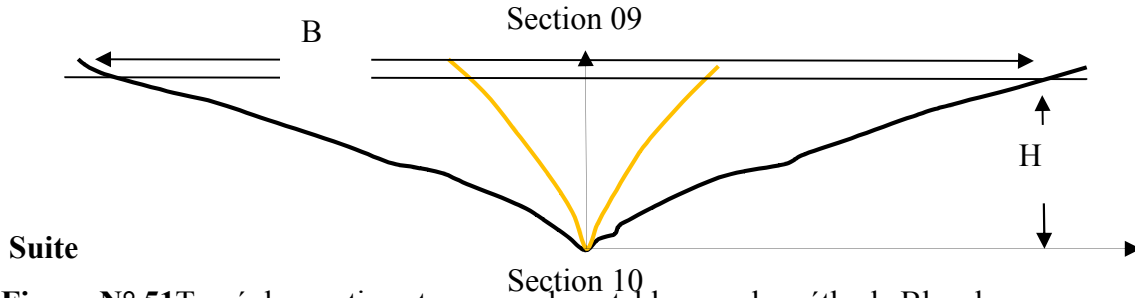
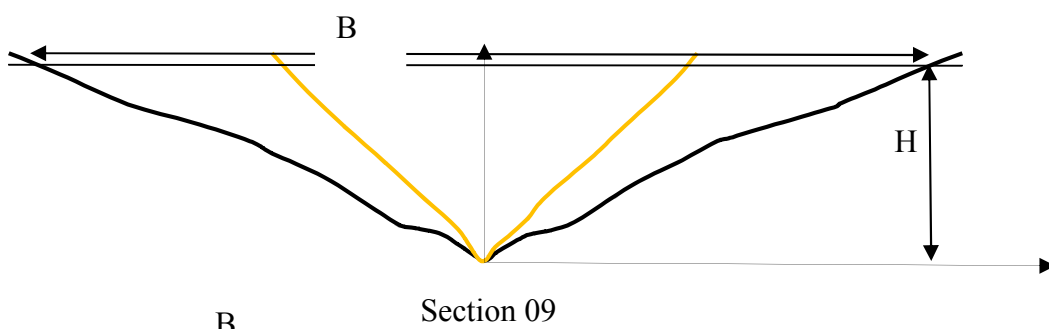
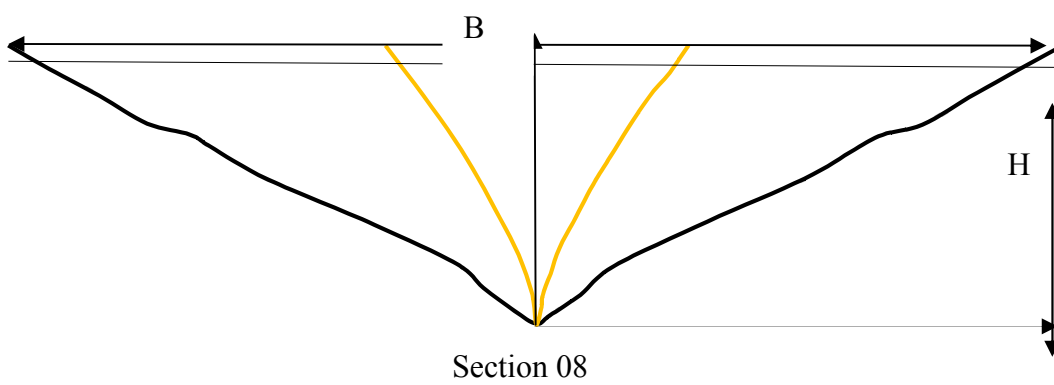
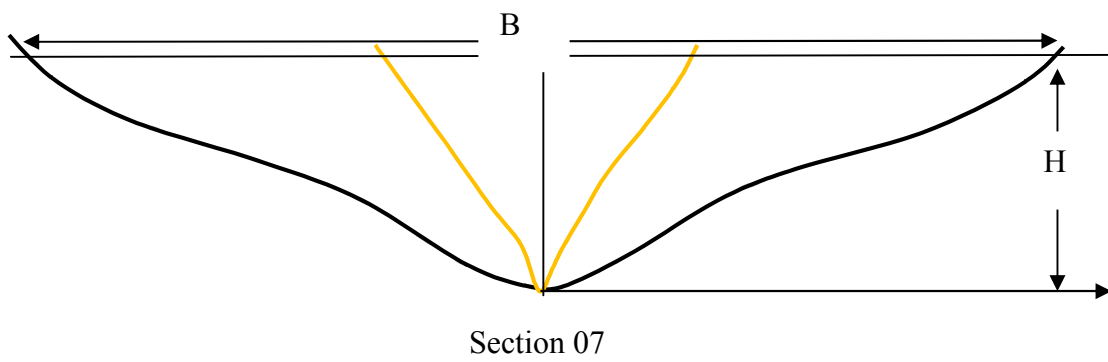
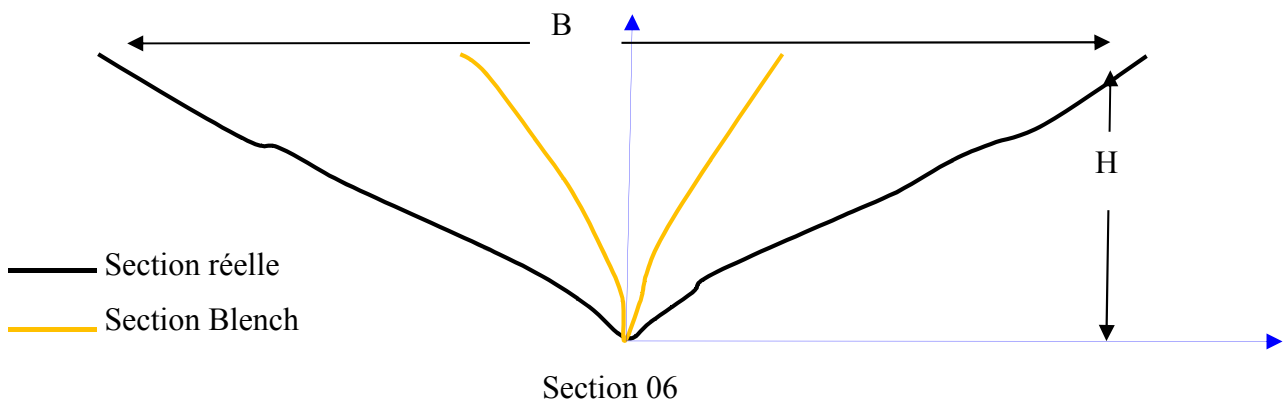


Figure N° 50 Tracé de la section transversale stable par la méthode Blench



Suite

Figure N° 51 Tracé des sections transversales stables par la méthode Blench

IV-2-7-Application de la méthode de Simons et Albertson

$$B m = 0.91 K1 (Hm / 1.21K2)^{0.7057}$$

si $Rh \leq 2.60m$,

si $Rh > 2.60m$

$$B m = 0.91 K1 (Hm / 0.61 + 0.93K2)^{0.7057}$$

$$K1 = 3.63K2 = 0.56$$

Tableau N°46- Résultats de la méthode de Simons et Albertson

H	B
0.1	0.85611103
0.2	1.39626213
0.3	1.85880812
0.4	2.2772139
0.49	2.6278554
0.6	3.03159672
0.86	3.90845979
0.94	4.16165828
0.98	4.28586347
1	4.3474049
1.22	5.00235171
1.4	5.51255132
1.61	6.08397067
1.8	6.58227311
1.9	6.83827414
2.05	7.21497434
2.5	8.29958458
3	9.43918636
3.5	10.5239532
4	11.5638867
4.5	12.5661478
5.12	13.7645463

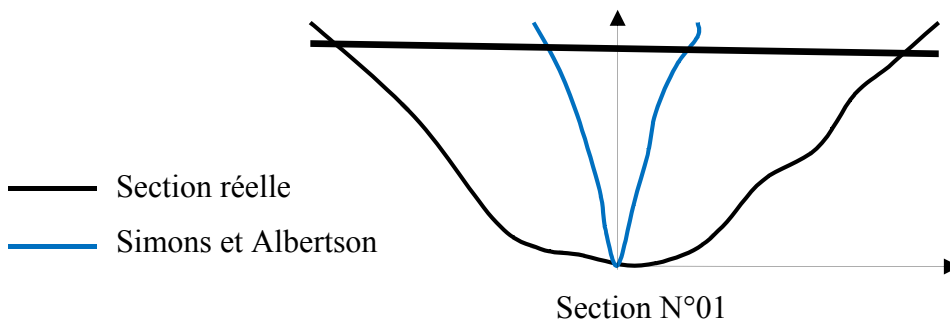


Figure N° 52 Tracé de la section transversale stable par la méthode Simons et Albertson

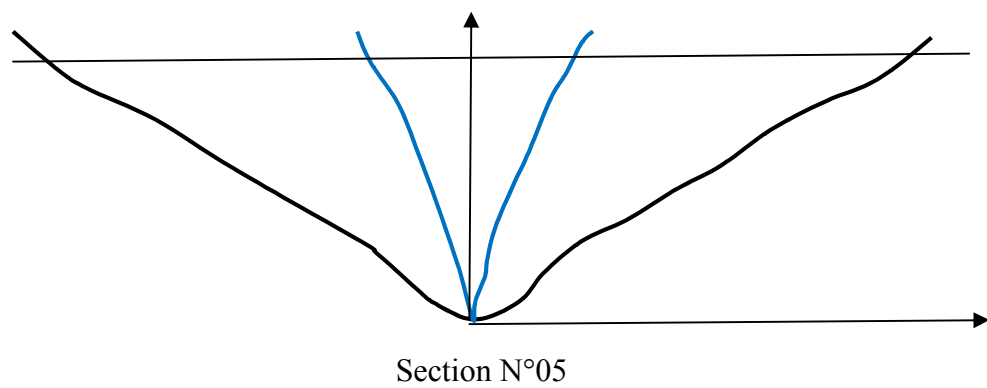
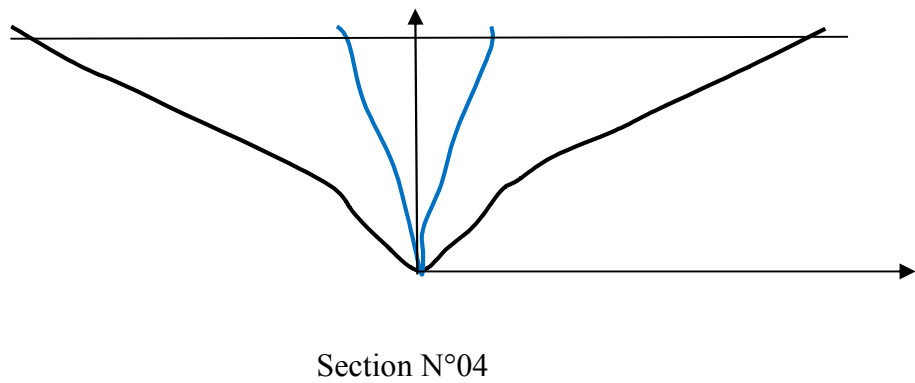
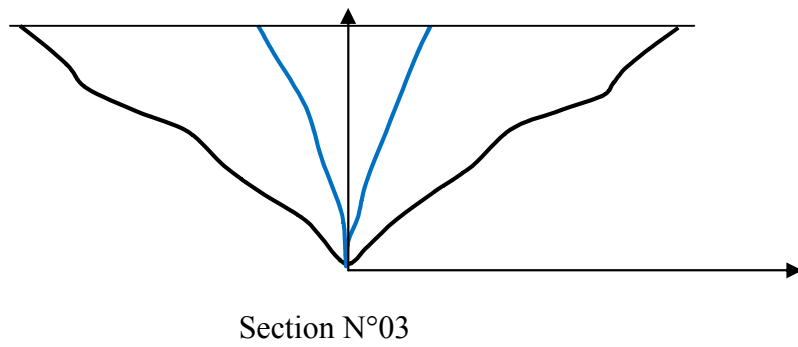
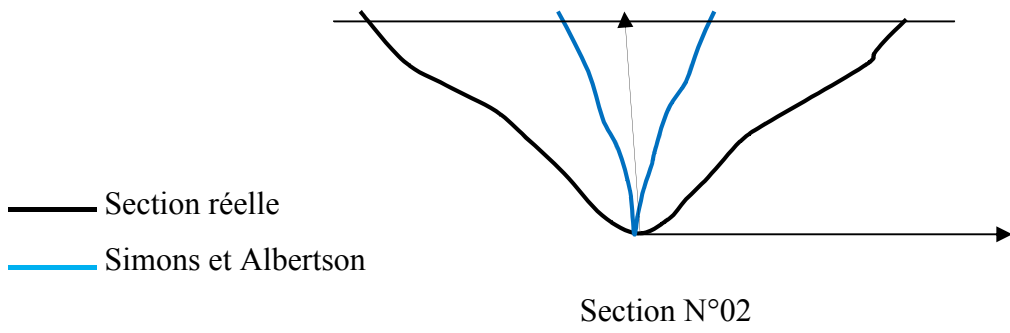


Figure N° 53 Tracé de la section transversale stable par la méthode Simons et Albertson
Suite

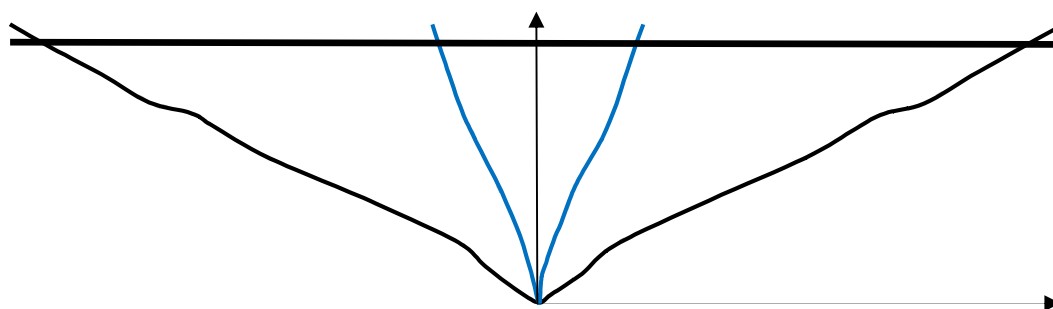
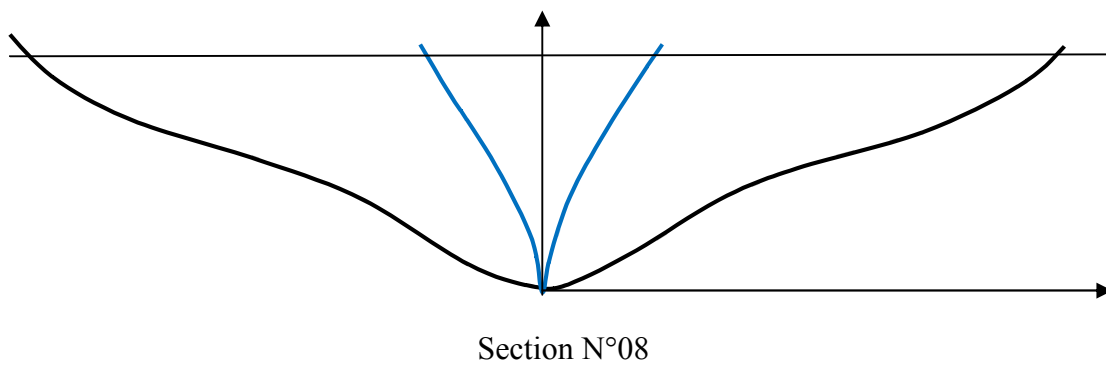
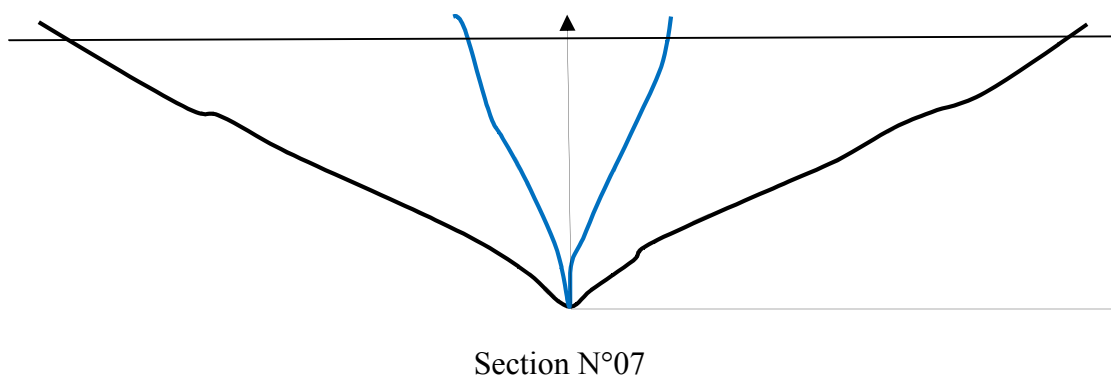
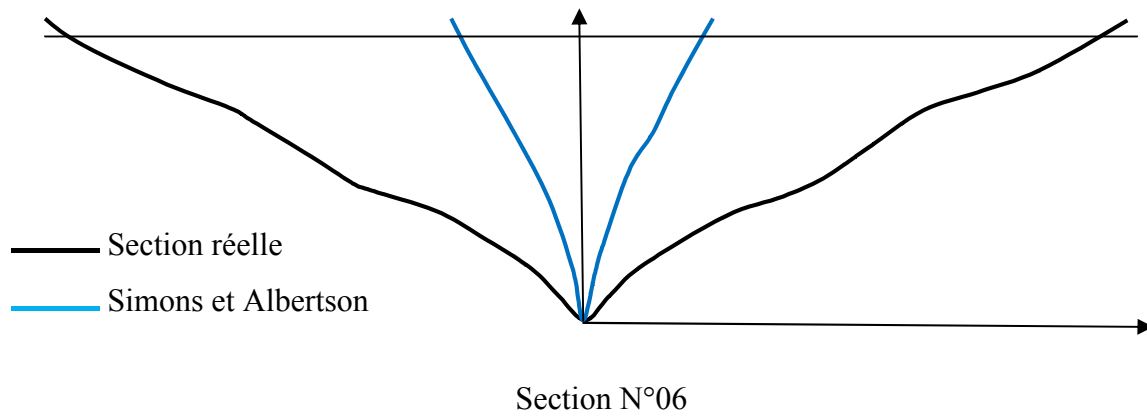


Figure N° 54 Tracé de la section transversale stable par la méthode Simons et Albertson
Suite

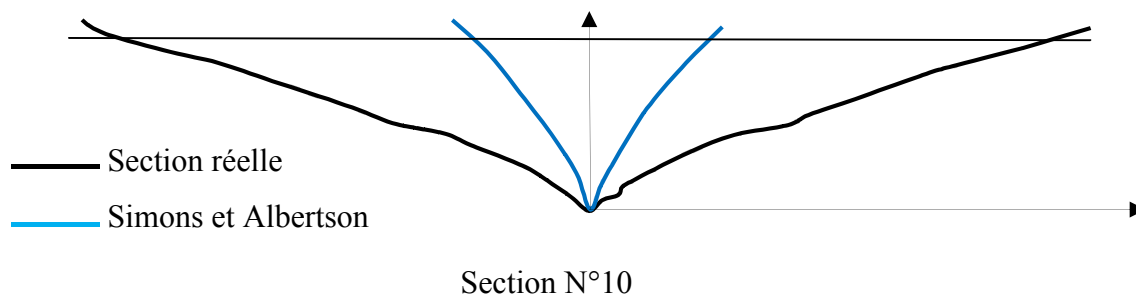


Figure N° 55 Tracé de la section transversale stable N°10 par la méthode Simons et Albertson
Suite

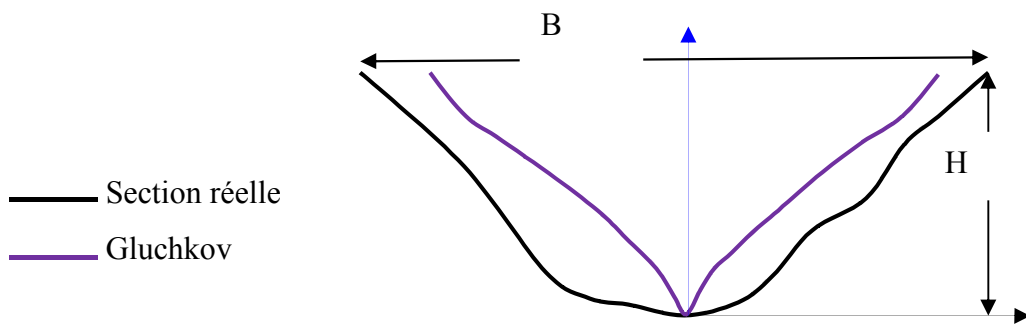
IV-2-8-Application de la méthode de GV Glochkov

$$B^m = K \cdot H$$

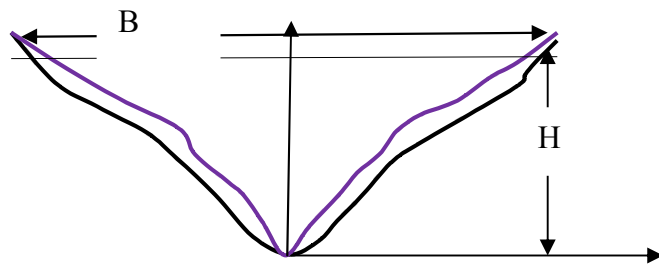
m=0.7 et K =10

Tableau N° 47 – Résultats de la méthode de GV Glochkov

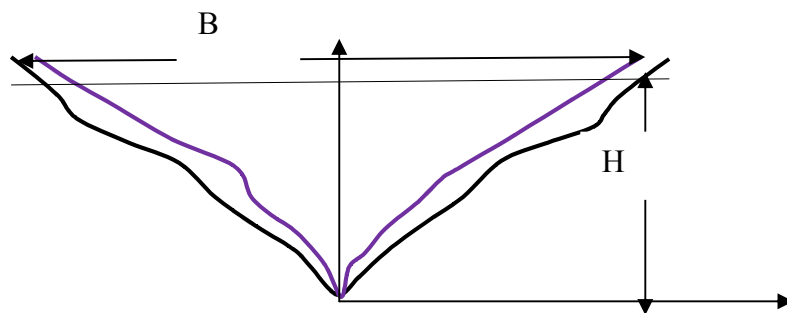
H	KH	B	B/2
0.1	1	1	0.5
0.2	2	2.69	1.3
0.3	3	4.80	2.4
0.4	4	7.25	3.6
0.45	4.5	8.57	4.3
0.49	4.9	9.68	4.8
0.1	1	1.00	0.5
0.2	2	2.69	1.3
0.3	3	4.80	2.4
0.4	4	7.25	3.6
0.49	4.9	9.68	4.8
0.6	6	12.93	6.5
0.86	8.6	21.63	10.8
0.94	9.4	24.56	12.3
0.96	9.6	25.31	12.7
0.98	9.8	26.06	13.0
1	10	26.83	13.4
1.22	12.2	35.64	17.8
1.4	14	43.38	21.7
1.61	16.1	52.97	26.5
1.8	18	62.12	31.1
1.9	19	67.11	33.6
2.05	20.5	74.81	37.4
2.5	25	99.32	49.7
3	30	128.88	64.4
3.5	35	160.62	80.3
4	40	194.38	97.2
4.5	45	230.00	115.0
5.12	51.2	276.58	138.3



Section N°01

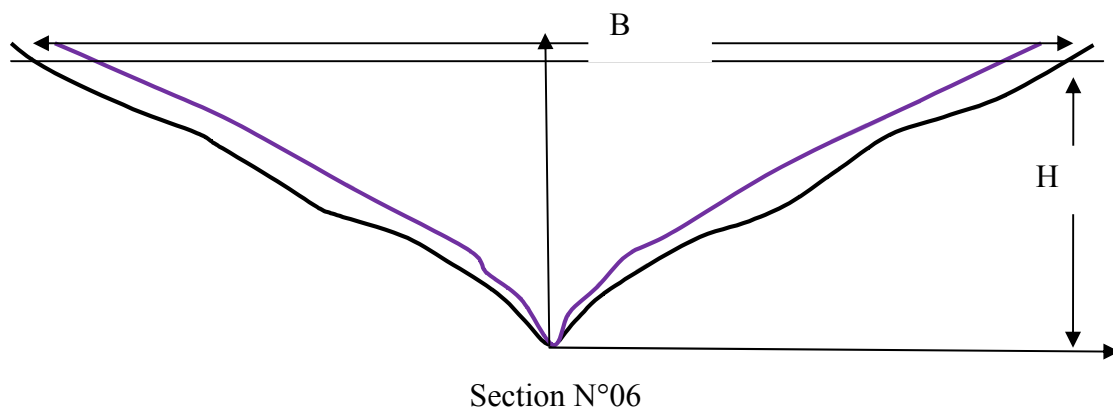
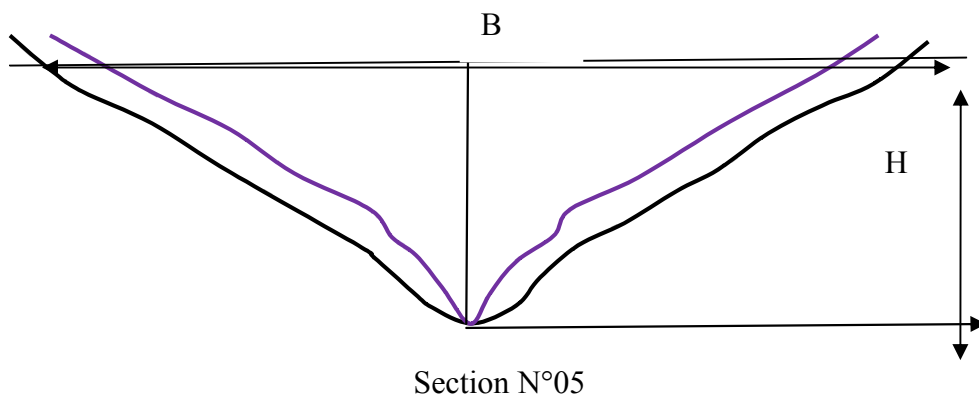
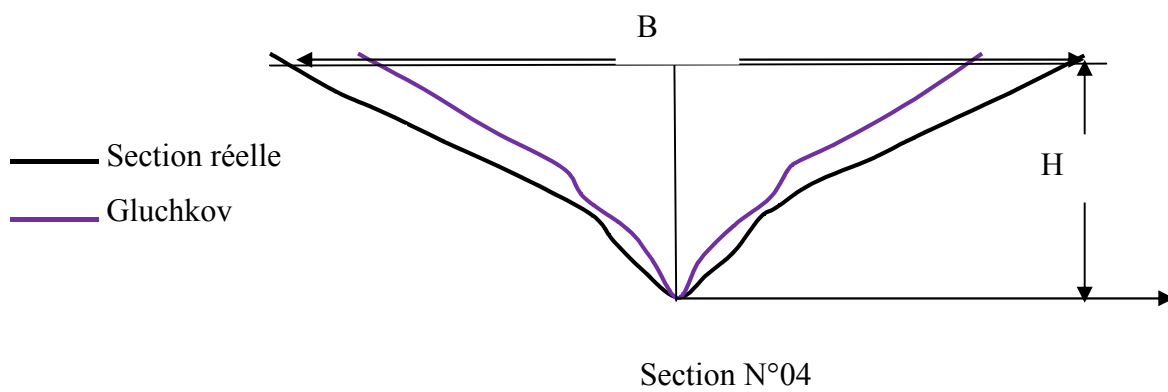


Section N°02



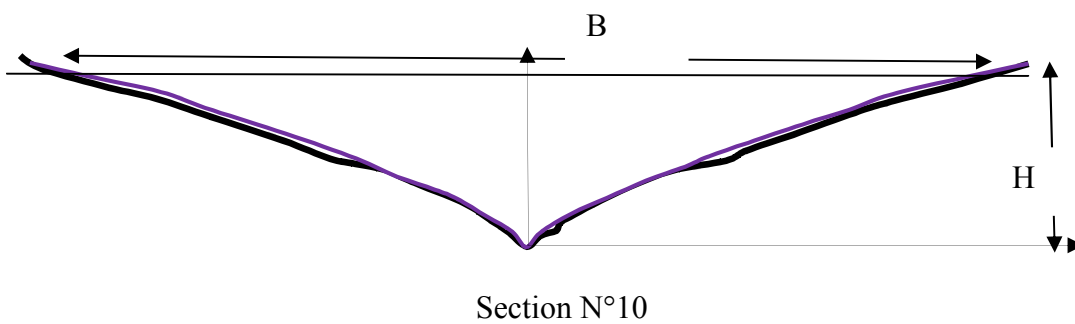
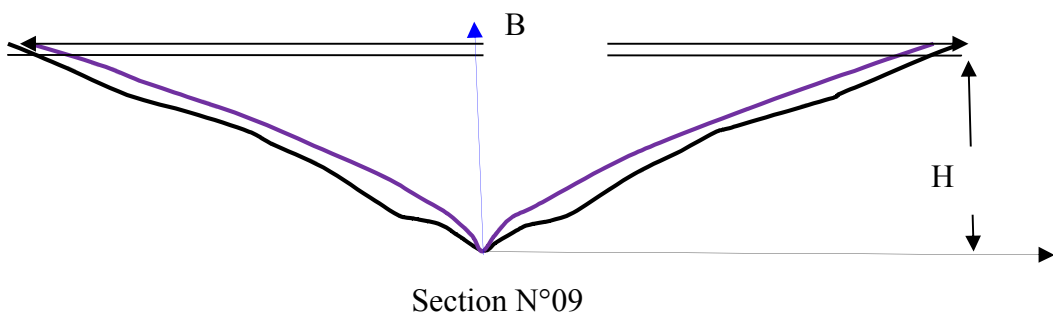
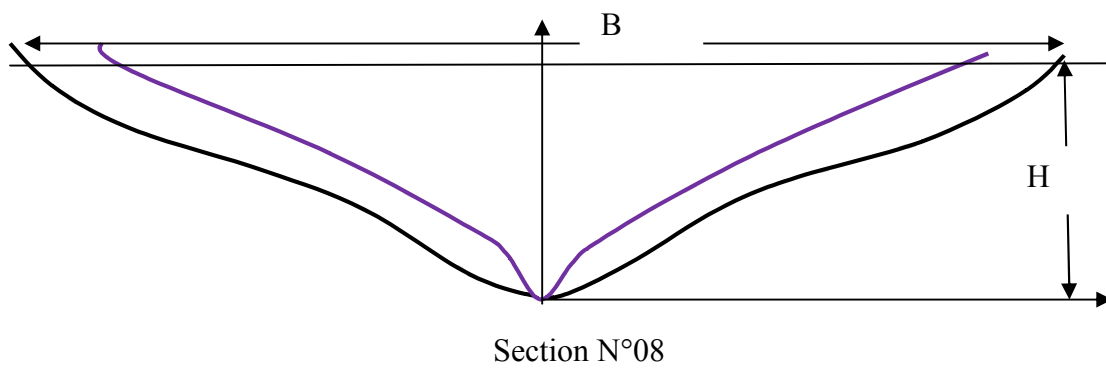
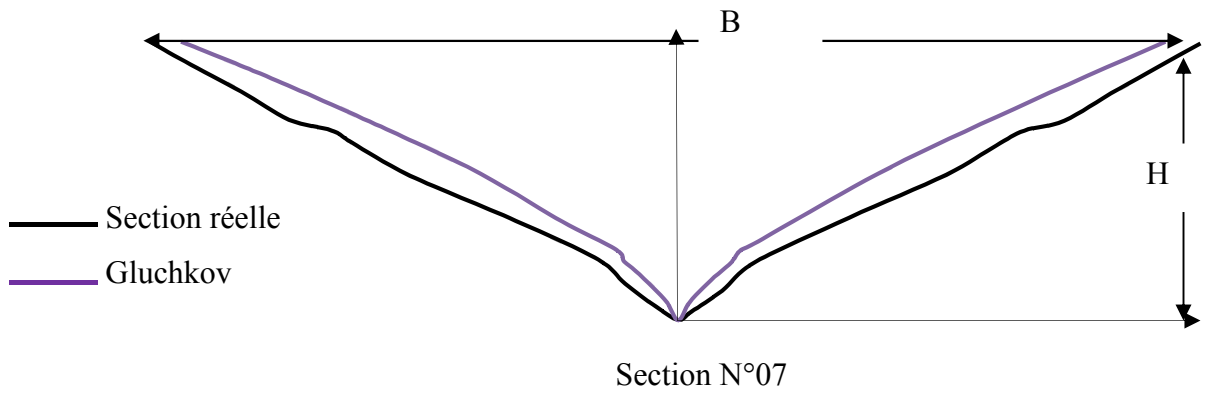
Section N°03

Figure N° 56 Tracé des sections transversales stables N°01—N03 par la méthode GV Glochkov



Suite

Figure N° 57 Tracé des sections transversales stables N°04—N06 par la méthode GV Glochkov



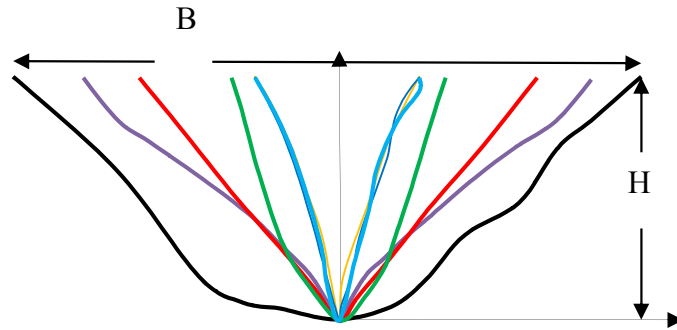
Suite

Figure N° 58 Tracé des sections transversales stables N°07---N10 par la méthode GV Glochkov

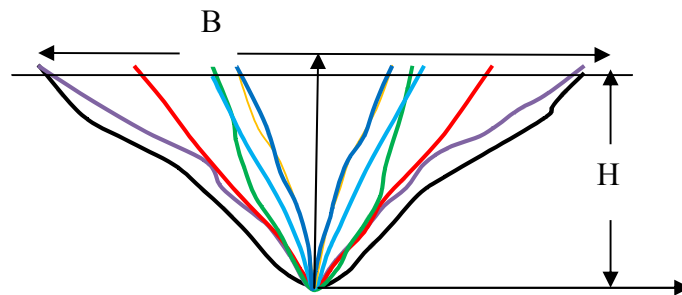
Tableau N°48 -Récapitulatif des résultats de la largeur stable par les huit méthodes

La hauteur H	Les sections	La largeur réelle	ST Altounin	J.G. Ivanenko	JG Mamedov	Y.A. IBADE ZADHE	VG Gluehkov	Blench	Simons et Albertson	Cruickshank
0.49	1	10.45	95.96	2.3	23.6	3.55	9.68	2.64	2.63	0.26
0.98	2	21.62	77.48	8.077	21.3	8.56	21.62	7.02	3.91	0.70
0.94	3	26.25	90.99	8.58	28.7	7.9	24.55	7.47	4.16	0.66
0.86	4	28.72	70.45	5.53	12.3	6.04	25.3	6.14	4.28	0.58
1.22	5	39.24	81.94	8.62	20.1	9.38	35.64	10.37	5	0.95
1.61	6	58.79	99.46	10.36	31.4	11.3	52.97	15.73	6.08	1.41
1.90	7	71.55	108.27	15.66	43.9	16.6	67.11	20.16	6.84	1.80
2.05	8	88.86	92.47	21.45	37.3	33.78	74.8	22.60	7.21	2.00
3	9	143.88	69.88	29.45	34.8	31.86	128.87	40	9.44	3.45
5.12	10	277.3	101.22	21.42	96.5	24.38	276.57	89.19	13.76	7.41
	B moy	76.66	88.81	13.15	35	15.33	71.71	22.13	6.33	1.91

- Section réelle
- VG GLUCHKOV
- MAMEDOV
- IBAD ZADHE
- IVANENKO
- BLENCH
- SIMONS et ALBERTSON



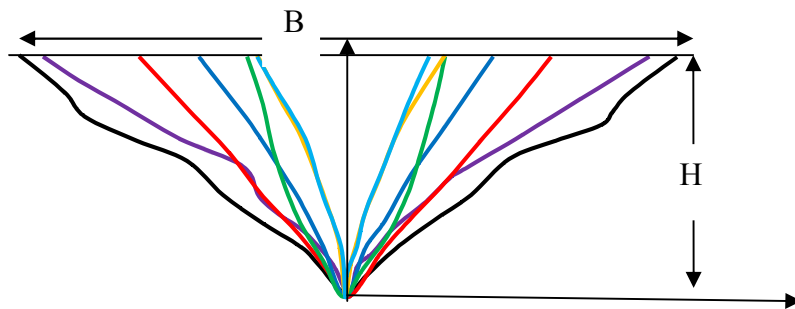
Section N°01



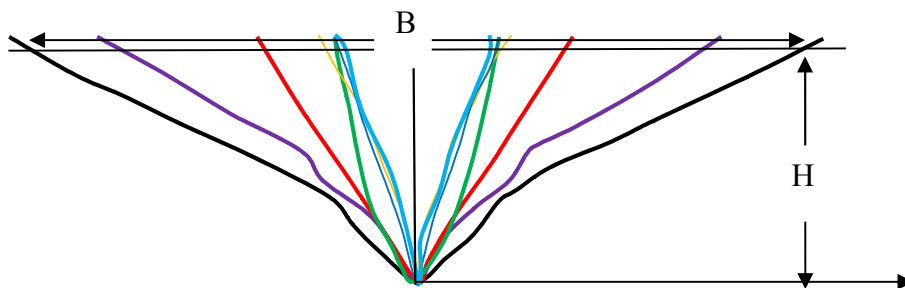
Section N°02

Figure N° 59: Tracé des sections transversales stables par les six méthodes Glchkov ,Mamedov,G.J.Inaneko et Ibad-ZEadhe ,Blench et Simons et Alberton

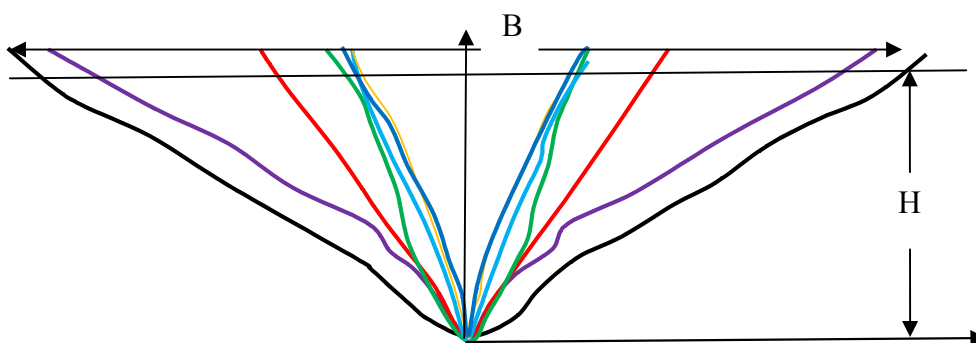
- Section réelle
- VG GLUCHKOV
- MAMEDOV
- IBAD ZADHE
- IVANENKO
- BLENCH
- SIMONS et ALBERTSON



Section N°03



Section N°04

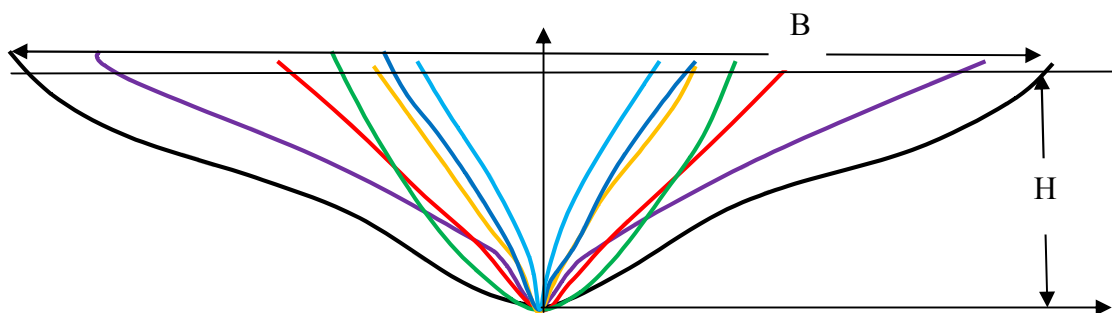
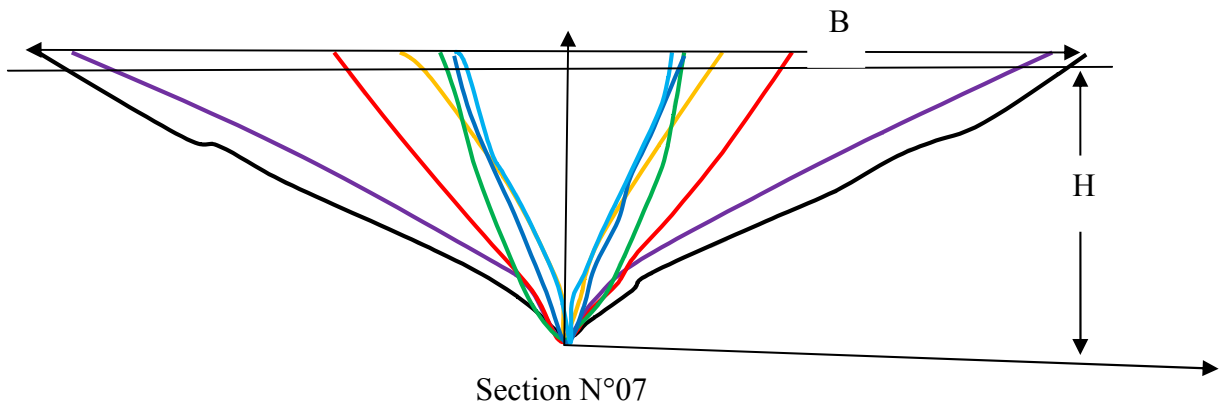
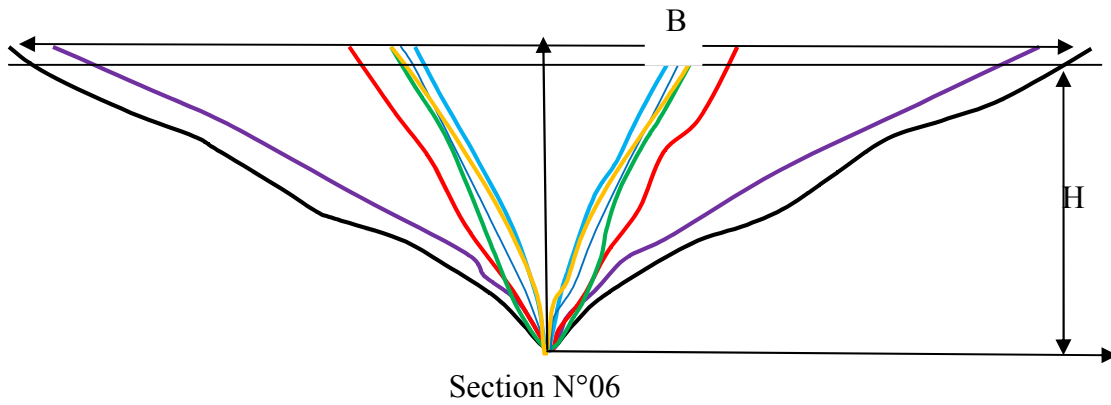


Section N°05

Suite

Figure N° 60: Tracé des sections transversales stables (1—05) par les six méthodes Glchkov ,Mamedov,G.J.Inaneko et Ibad-ZEadhe ,Blench et Simons et Alberton

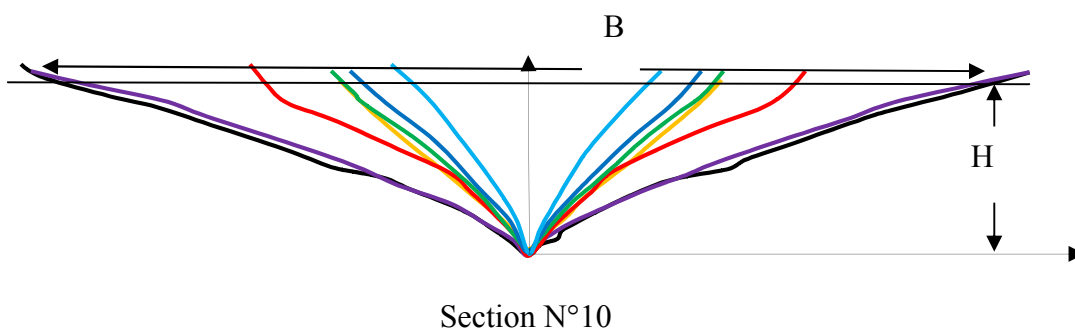
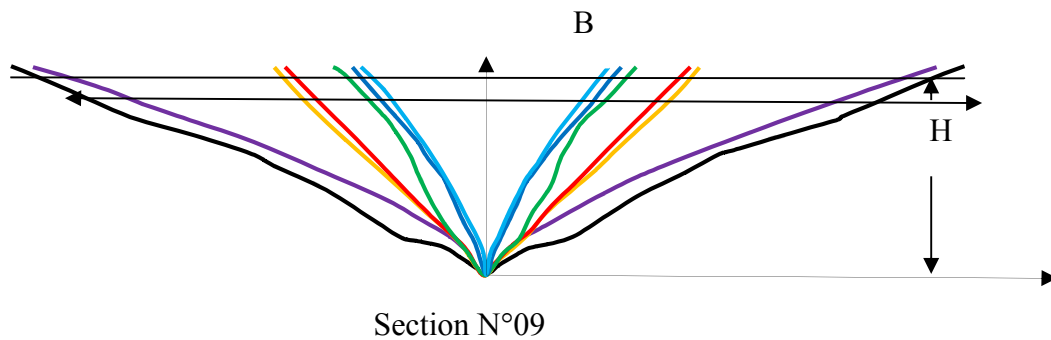
- Section réelle
- VG GLUCHKOV
- MAMEDOV
- IBAD ZADHE
- IVANENKO
- BLENCH
- SIMONS et ALBERTSON



Suite

Figure N° 61: Tracé des sections transversales stables (06—08) par les six méthodes Glchkov ,Mamedov,G.J.Inaneko et Ibad-ZEadhe ,Blench et Simons et Alberton

- Section réelle
- VG GLUCHKOV
- MAMEDOV
- IBAD ZADHE
- IVANENKO
- BLENCH
- SIMONS et ALBERTSON



Suite

Figure N° 62: Tracé des sections transversales stables (09—10) par les six méthodes Glchkov ,Mamedov,G.J.Inaneko et Ibad-ZEadhe ,Blench et Simons et Alberton

Conclusion

La théorie des régimes (Lace, Blench, et Simons et Albertson) est empirique ,basée sur des observations du comportement des cours d'eau, qui ont été en opération depuis plusieurs années et sont donc considérées comme stables et des cours d'eau et des oueds exemples les grands canaux d'irrigation à l'Inde, le Pakistan, l'Egypte et plus tard aux États-Unis

La méthode réaliser par Altunin est semi-empirique , elle a été développée pour observer les écoulements d'eau des canaux avec un matériau granulaire grossier tel que du gravier donc recommandées dans les sections des rivières avec ce matériau, même si parfois ils ont réussi à travailler avec du sable .

Altunin fait une présentation pour visualiser une autre approche d'étude c'est le comportement des rivières

Maza-Cruickshank a une méthode qui servait à l'origine à des lits de sable qui a ensuite été utilisée pour les canaux de gravier. Sa méthode est semi-empirique et présente l'avantage d'être l'un des rares qui considère le transport des sédiments et donc prédit que le canal subit à des changements lorsque il ya le transport solides.

Dans les sections transversales de l'oued El Arab la méthode VG Gluchkov pourrait être considéré comme bien ajusté à la réalité, en particulier en ce qui concerne la largeur, moins en termes de profondeur et de moins en termes de la pente.

La perte de la largeur et la profondeur résulterait de la formation de nouveaux dépôts alluviaux dans la cours d'eau.

Conclusion Générale

Nous sommes intéressé a chercher la section transversale stable de l'oued El Arab alimentant le barrage Babar wilaya de Khenchela , cette région qui caractérisée par un climat sec , la morphologie complexe de la vallée de l'oued et érosion forte de ses pentes, la pente moyenne de l'oued est de 1,36 % les débits des crues centennales de l'ordre de 1381 l/s avec un apport de des crues de 22,10 million m³.le rapport

La stabilité des cours d'eau est jugée par l'intensité de sa reformation, qui se reflète dans le changement de plan et au contour du fond. La stabilité de la section transversale est caractérisée en règle générale par le rapport entre la largeur et la hauteur moyen de l'eau et qui est lié à la connaissance de la granulométrie du lit de cours d'eau, l'angle d'équilibre hydrodynamique, la pente de cours d'eau.

Les recherches dans ce domaine, ont données des résultats théoriques et expérimentaux qui permettent de projeter des sections optimales proches des sections stables.

Les résultats de recherche donnent des relations empiriques qui justifient leur utilisation localement et leur utilisation dans d'autres cas concret de cours d'eau nécessitent un travail de recherche expérimentale et théorique.

Dans notre cas pour l'oued El Arab la methode de VG.Gluchkov ($B^m = K H_m$) est adaptée aux sections réelles avec des corrections sur l'exposant $m = 0.68$ au lieu de 0.70 et le coefficient $K = 10.50$ au lieu de 10 .

La bibliographies

- 1- Barnes, H.H.: Roughness characteristics of natural channels, US Geological Survey Water Supply Paper 1849., US Government Printing Office, Washington, (1967)
- 2---Blench T (1957) « Regimen behavior of channels and rivers» Butterworths Scientific Publication London
3. Chow, V.T.(1983) « Open channel hydraulics, Mc Graw-Hill » New York
- 4- Cox, R.L., R.C. Adams, and T.B. Lawson, 1971. "Erosion Control Study, Part II, Roadside Channels." Louisiana Department of Highways, in Cooperation with U.S.
- 5-Degoutte .G 2004 « Aide mémoire d'hydraulique à surface libre» Cemagref France
- 6- Degoutte.G (2004) « Formes naturelles des rivières » ripisylve ; évolution des berges Cemagref France
- 7-.Degoutte.G 2004 « Hydraulique, morphologie et dynamique fluvial» ENGREF France.
- 8- Epteau 1994 (Jean-René Malavoi) Guide technique N° 2 bassin Rhone méditerranée Lyon
- 9- Elvis Žic, Mijo Vranješ, Nevenka Ožanić 2010 Methods of Roughness Coefficient Determination in Natural River beds (University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering, Rijeka, Croatia)
10. French, R.H.1986 « Open channel hydraulics » Mc Graw-Hill New York
- 11- Jesse Schnobb 2010. « Hydraulique, dynamique et morphologie fluviale » Université du Québec à Chicoutim
- 12- Jovanovic, M.B 2002 « Regulation river” Faculty Of Civil Engineering Belgrade »
- 13- José Antonio Maza Alvarez (1973) « Stabilité des rivières » Bangkok , Thailand , Enero
- 14- Leopold ,L.B ,Gardon Wolman .M and Miller , J.p 1966 « fluvial processes in geomorphology » San Francisco
- 15- HEC-RAS River Analysis System 2010 version 4.1 Hydraulic reference manual USA army corps

- 16- Hendreson ,F.M 1966 “Open channel flow” Me Millan publishing CO , INC New
- 17—Mamedov.A.S (1973) « Section stable des canaux » Recherche et Design Institute "Sukanal", de l'Azerbaïdjan
- 18- Maza, José and Cruickshank 1973 «Stable channels in alluvion » Proceedings International Symposium on River Mechanics, Bangkok, Tailandia
- 19- MRE Direction des Ressources en Eaux Khenchela 1987 «Rapport étude APD du barrage Babar » Khenchela Algérie .
- 20- USA Army corps 2010 chapitre 09 “ Alluvial Channel Design”
- 21- Wolman M.G. 1955, The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania, Professional paper, United states geological survey
- 22- Y.A Ibad-Zadeh 1975. Les Grands Canaux. Stroiizdat - Moscou:

Liste des Annexes

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Matériau : TVO SECTION 01

oued El Arab barrage babar

Section 01



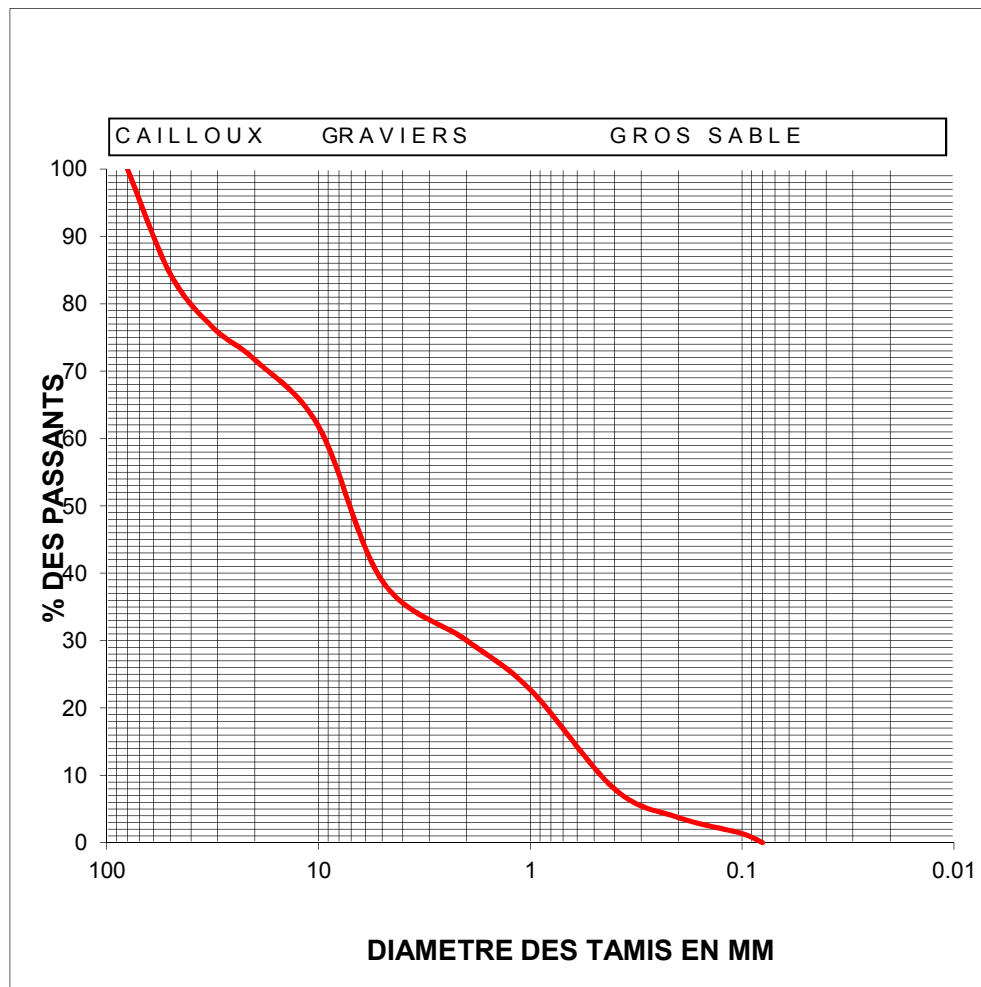
	%	d moy	dmoy x %
cailloux	30%	50	0.15
gravieres	30%	11	0.033
gros sable	37%	1.1	0.00407
sable fin	3%	0.14	0.000042
			0.187112

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Matériau : TVO SECTION 02 milieu

Oued El Arab barrage Babar

section 02



Tamis en (mm)	% des passants
80	100.00
50	84.35
31.5	76.46
20	71.68
10	61.81
5	38.85
2	30.04
1	22.71
0.400	7.97
0.200	3.73
0.100	1.35
0.080	0.00

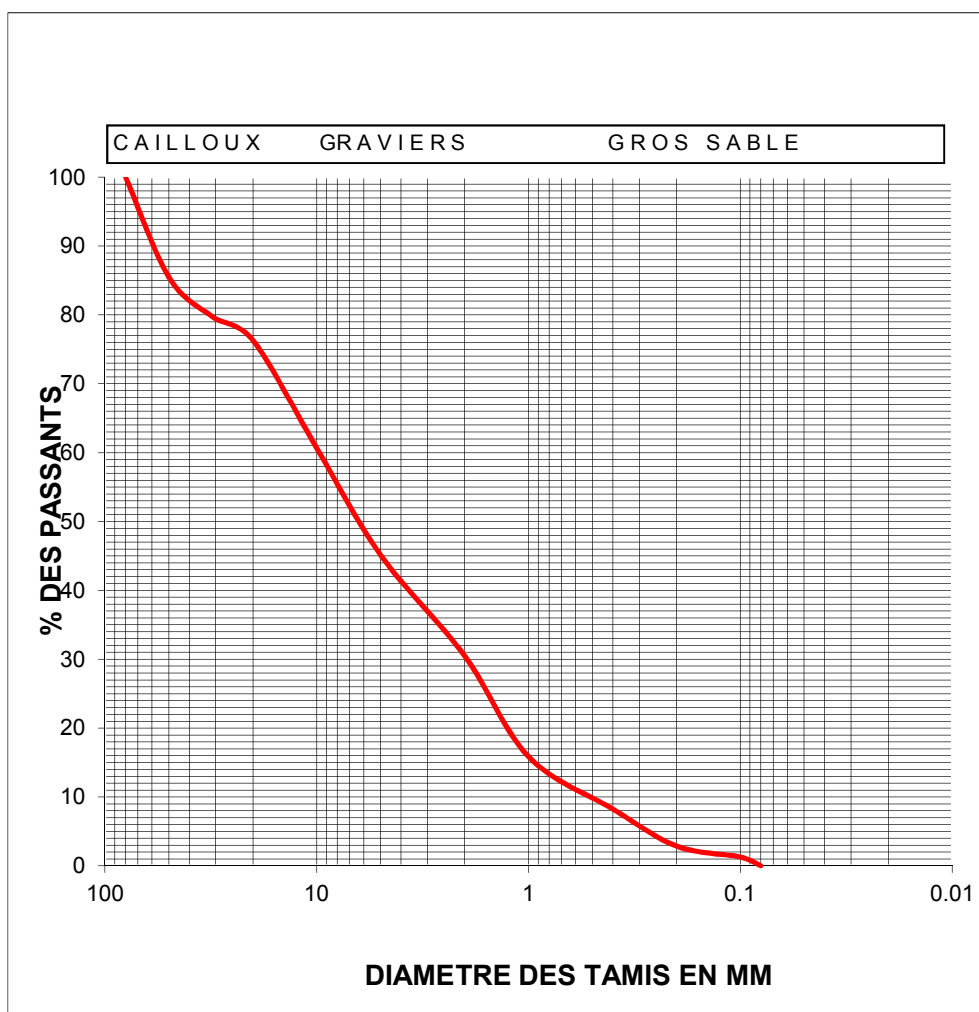
	%	d moy	d moy x %
Cailloux	28	50	0.1416
graviers	41.64	11	0.0458
gros sable	26.31	1.1	0.0028
sable fin	3.73	0.14	0.000052
			0.190252

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Matériau : TVO SECTION 02 rive gauche

Oued L'Arab barrage babar

Section 02



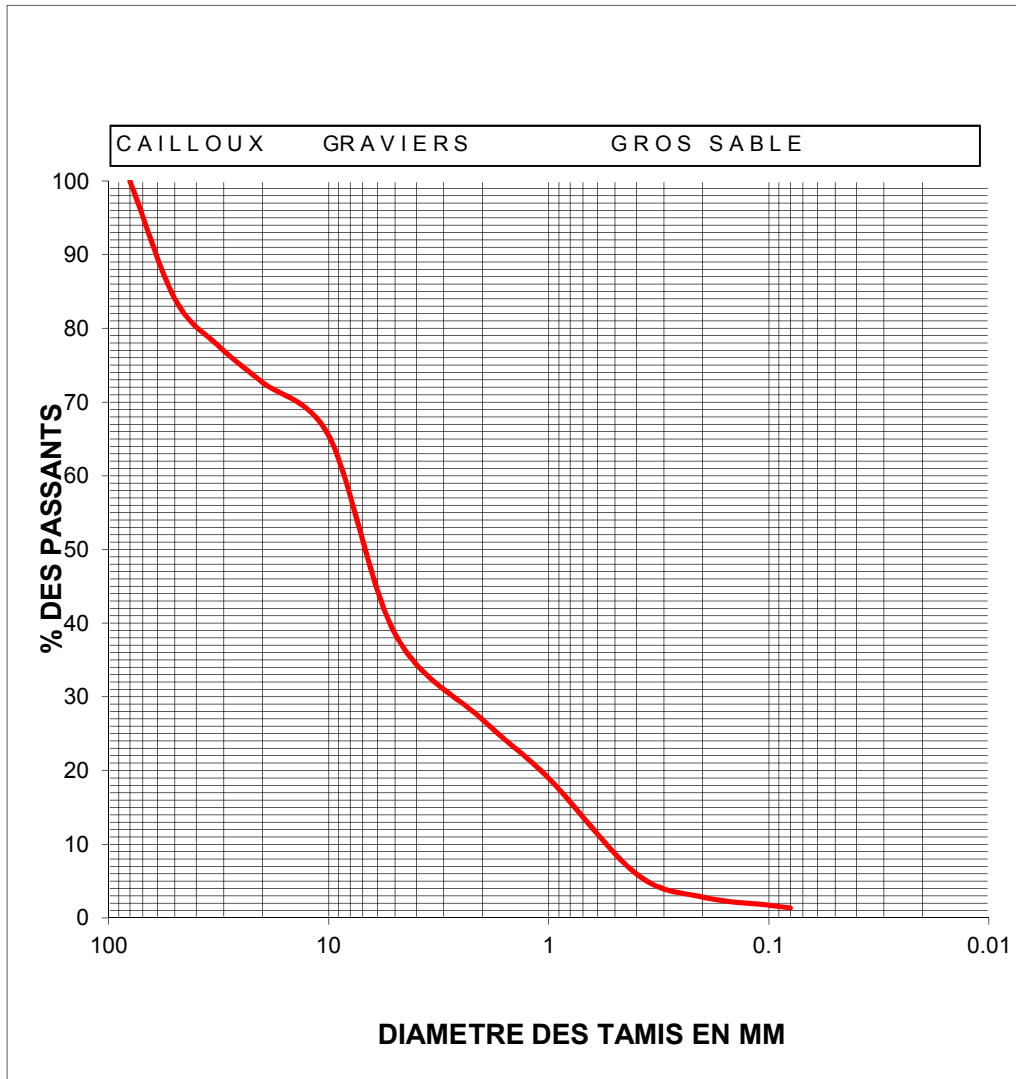
Tamis en (mm)	% des passants
80	100.00
50	85.48
31.5	79.84
20	76.28
10	60.64
5	45.15
2	30.48
1	15.86
0.400	8.28
0.200	2.89
0.100	1.31
0.080	0.04

	%	dmoy	dmoy x %
Cailloux	23.72	50	0.1186
graviers	45.8	11	0.05034
gros sable	27.59	1.1	0.003035
sable fin	2.89	0.14	0.00004

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUES

Matériau : TVO SECTION 03 milieu

Section 03



Tamis en (mm)	% des passants
80	100.00
50	84
31.5	77.55
20	72.66
10	65.41
5	38.53
2	26.88
1	18.9
0.400	5.95
0.200	2.81
0.100	1.7
0.080	1.33

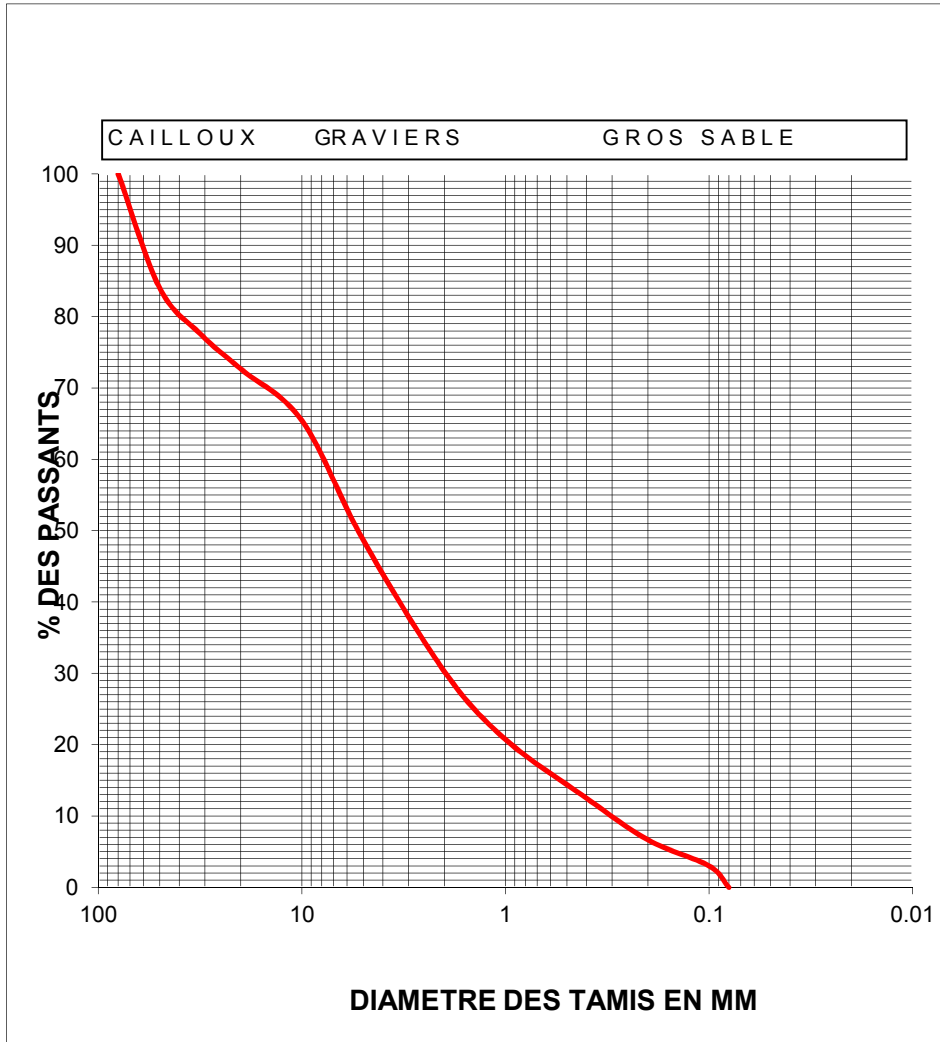
cailloux	27	50	0.1367
graviers	46	11	0.0504
gros sable	24	1.1	0.00265
sable fin	2.8	0.14	0.00004

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUES

Matériau : TVO SECTION 03 rive gauche

Oued El Arab barrage babar

Section 03

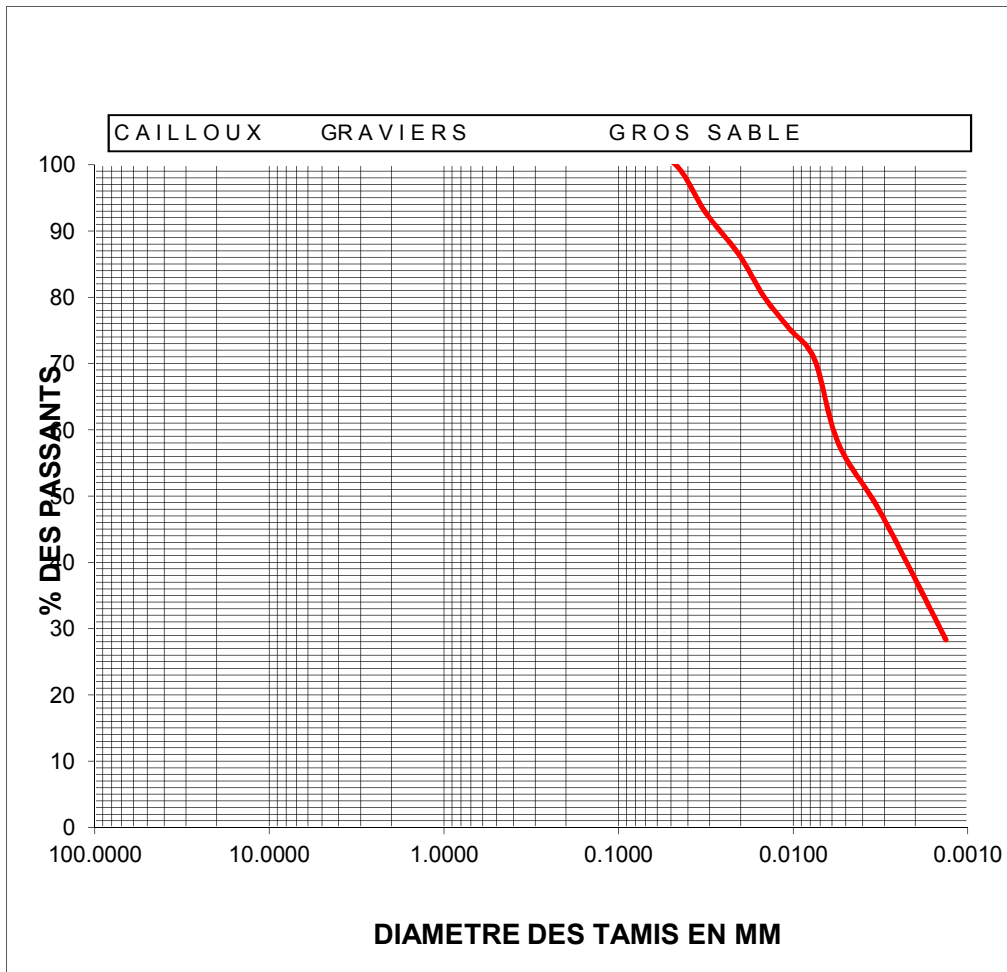


Tamis en (mm)	% des passants
80	100.00
50	84.00
31.5	77.55
20	72.66
10	65.41
5	48.67
2	30.28
1	20.73
0.400	12.49
0.200	6.67
0.100	3.01
0.080	0.00

	%	d moy	dmoy x %
cailloux	27.34	50	0.1367
gravirs	42.38	11	0.046618
gros sable	23.61	1.1	0.0025971
sable fin	6.67	0.14	0.00009338
			0.18600848

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUES

Section 4 Sédimentation

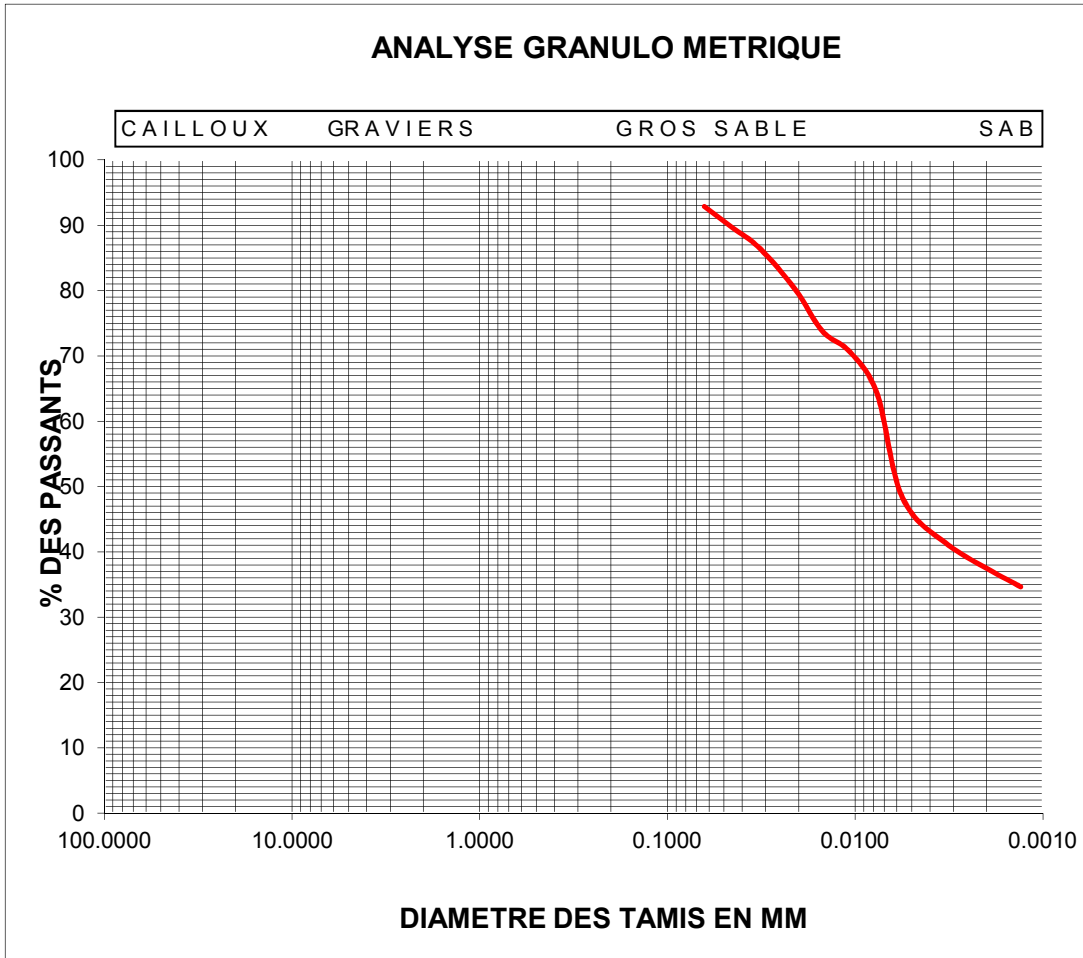


Tamis en (mm)	% des passants
0.0620	102.40
0.0443	99.22
0.0318	92.86
0.0205	86.50
0.0147	80.14
0.0106	75.37
0.0075	70.60
0.0055	57.88
0.0031	47.38
0.0013	28.30

	%	d moy	dmoy x %
sable moyen	24.63	0.0363	0.0089406
sable fin	37.37	0.0063	0.0023543
sable très fin	38	0.0015	0.00057
			0.011865

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

sédimentation section 05



Tamis en (mm)	% des passants
0.0637	92.86
0.0455	89.68
0.0324	86.50
0.0208	80.14
0.0150	73.78
0.0107	70.60
0.0077	64.24
0.0056	48.34
0.0032	41.02
0.0013	34.66

0.0082807

sable moyen 22.26 0.0372 2

sable fin 32.6 0.00635 0.0020701

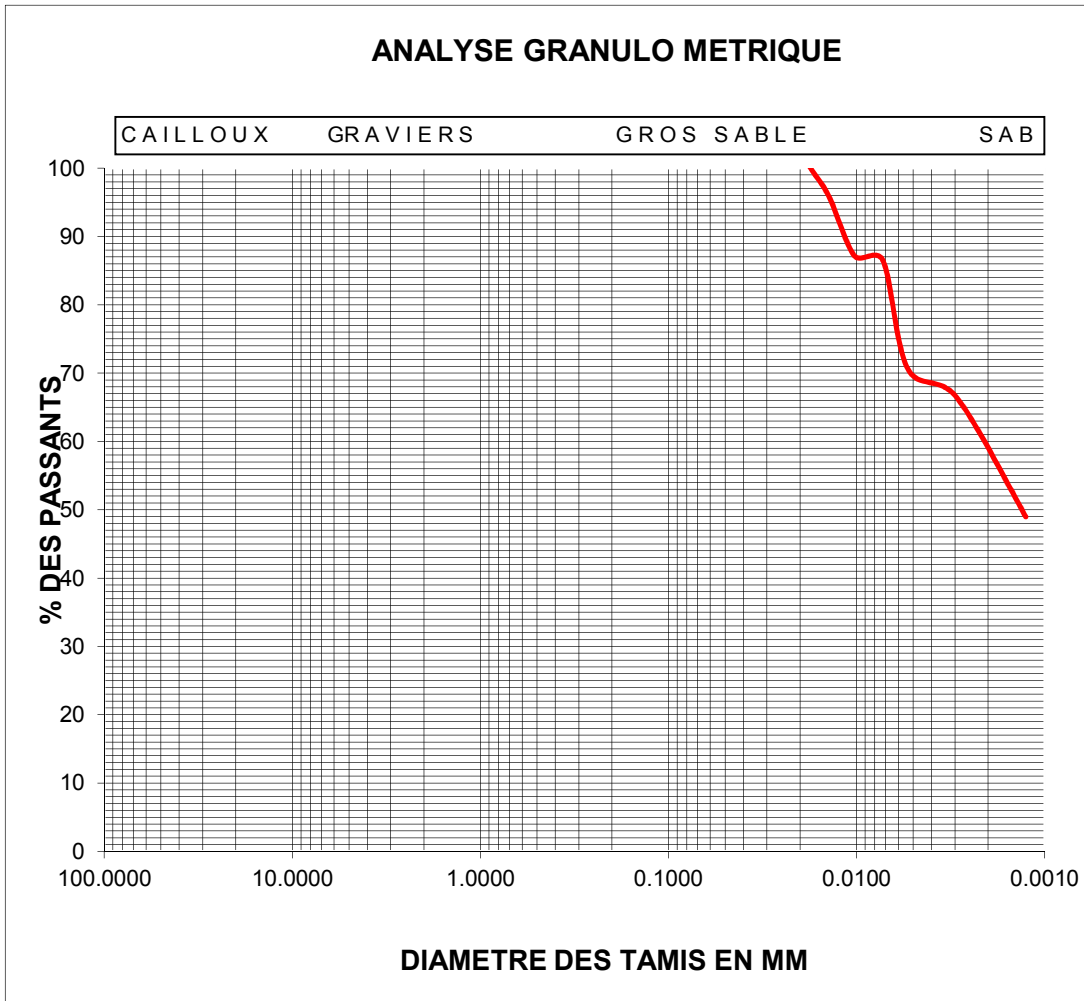
sable très fin 45.14 0.0015 0.0006771

0.0110279

2

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

sédimentation section 06

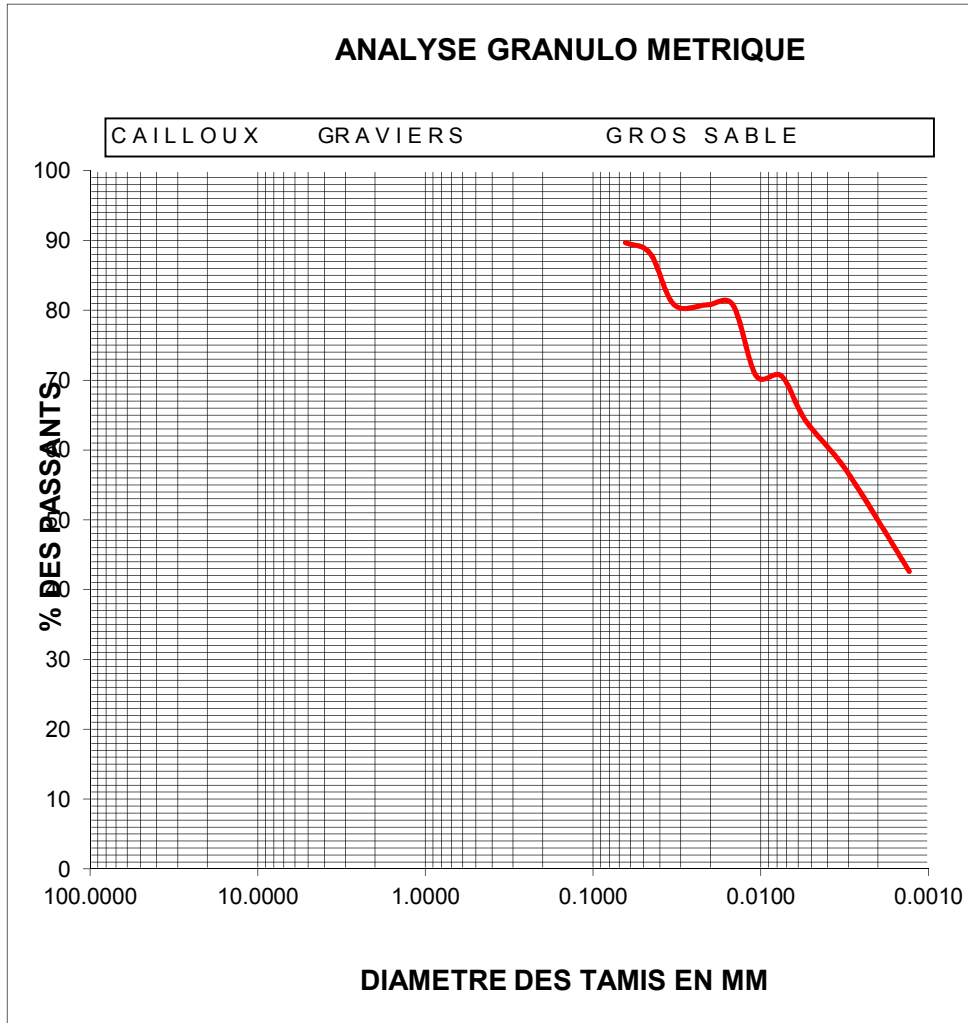


Tamis en (mm)	% des passants
0.0573	127.84
0.0412	123.07
0.0299	115.12
0.0196	102.40
0.0141	96.04
0.0102	87.13
0.0072	86.50
0.0053	70.60
0.0029	66.46
0.0013	48.97

	%	d moy	d moy x %
sable moyen	12.87	0.01215	0.001563705
sable fin	27.13	0.0056	0.00151928
sable très fin	60	0.001	0.0006
			0.003682985

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

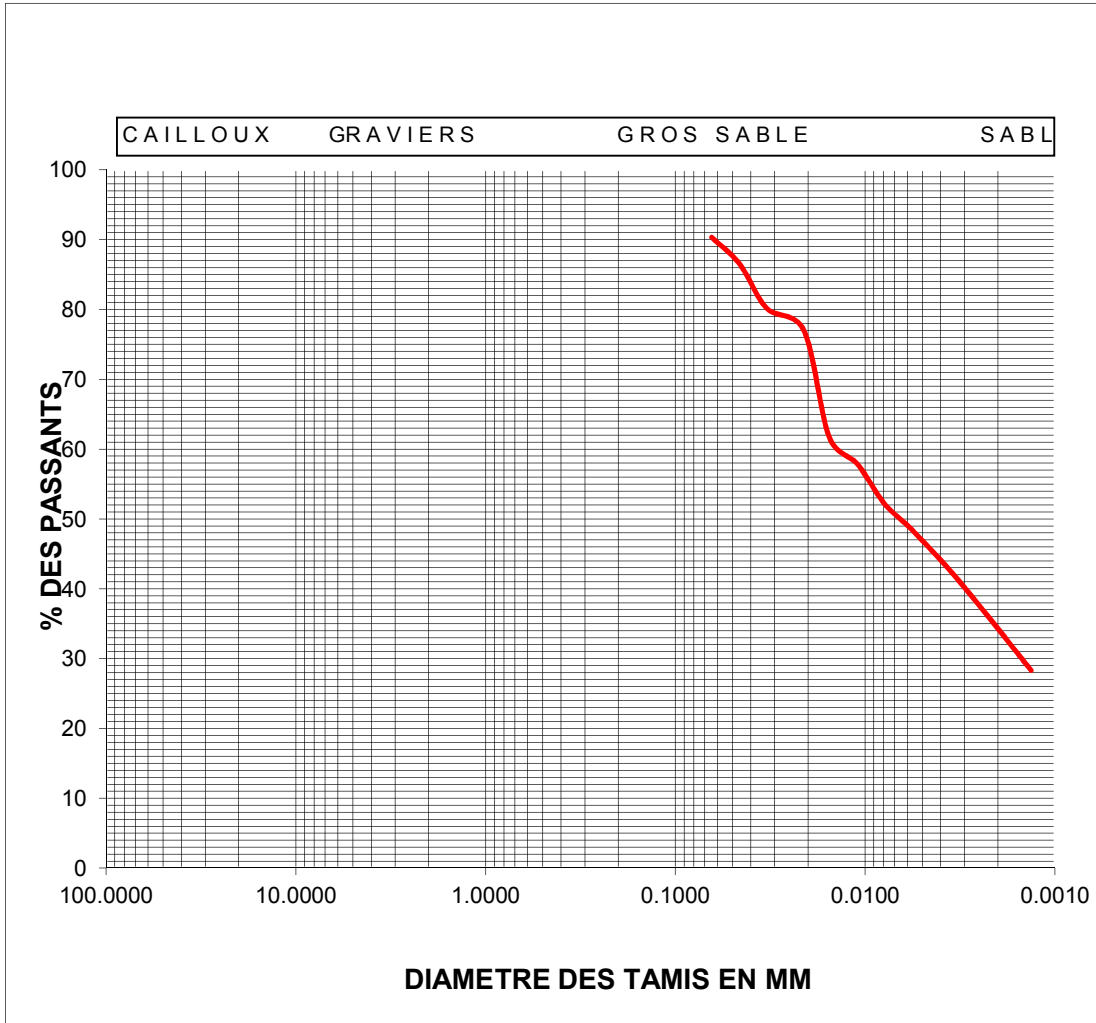
sédimentation section 07



Tamis en (mm)	% des passants
0.0644	89.68
0.0456	88.09
0.0329	80.77
0.0208	80.77
0.0147	80.77
0.0107	70.60
0.0075	70.60
0.0054	64.24
0.0031	56.92
0.0013	42.61

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

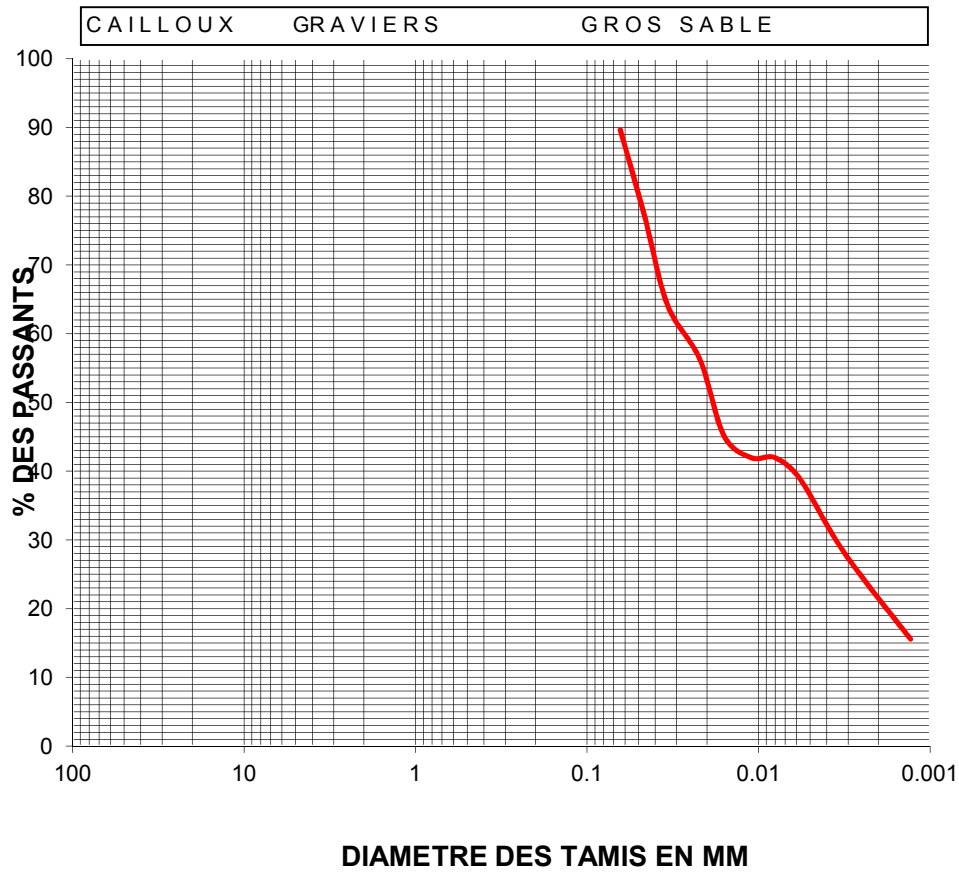
sédimentation section 08



Tamis en (mm)	% des passants
0.0644	90.31
0.0459	86.50
0.0330	80.14
0.0210	76.96
0.0155	61.69
0.0110	57.88
0.0079	52.15
0.0056	48.34
0.0032	41.02
0.0013	28.30

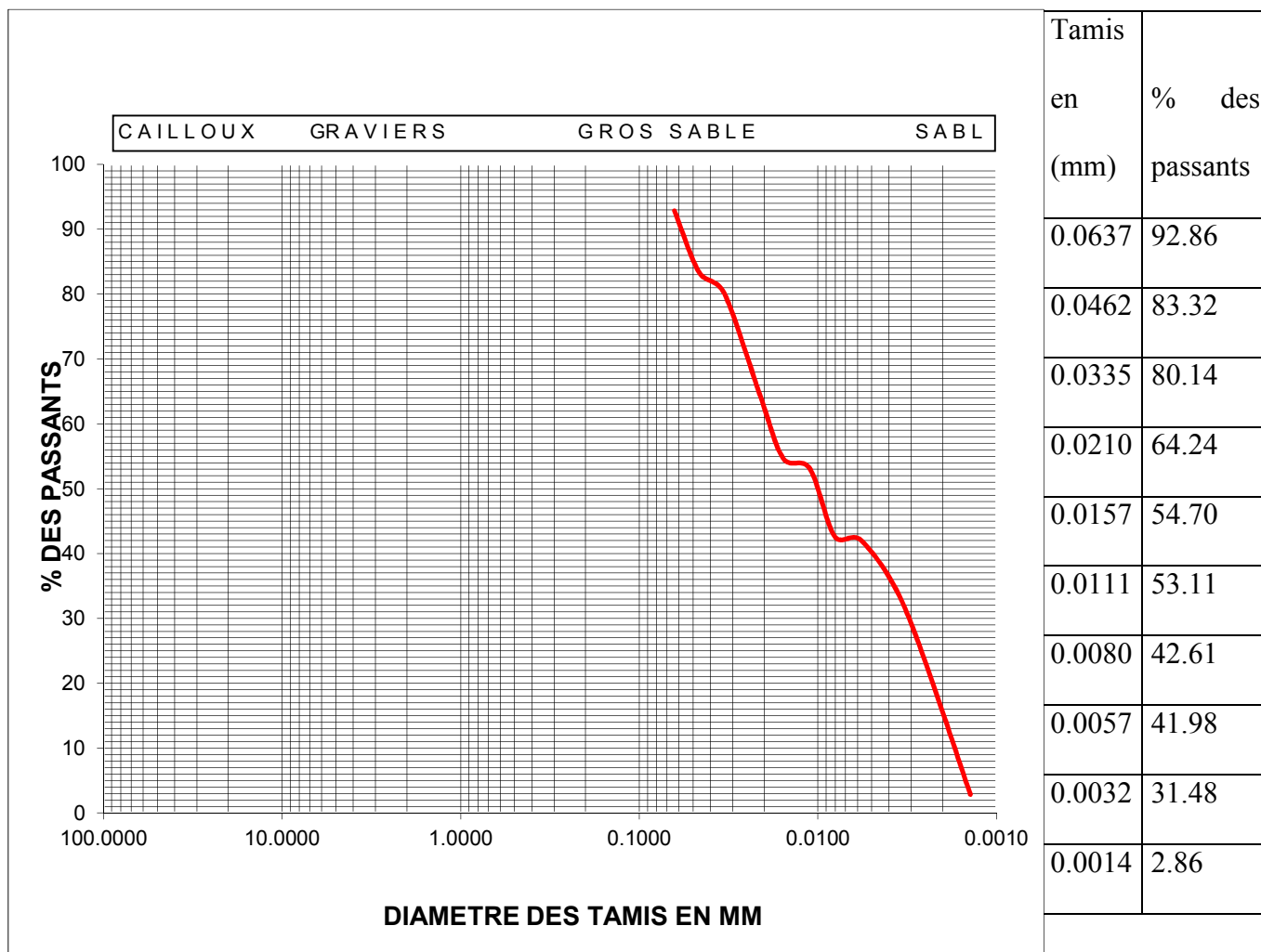
	%	d moy	d moy x %
sable moyen	32.4	0.0377	0.01222611
sable fin	24.9	0.0065	0.0016172
sable très fin	42.7	0.0015	0.00064035
			0.01448366

ANALYSE GRANULO METRIQUE



Tamis en (mm)	% des passants
0.064	89.67
0.046	76.95
0.034	64.23
0.022	56.28
0.0159	45.15
0.011	41.97
0.008	41.97
0.0057	38.79
0.003	28.30
0.001	15.58

	%	d moy	dmoy x %
sable moyen	48	0.0375	0.0178875
sable fin	22	0.0065	0.00142805
sable moyen	30	0.0015	0.00045495
			0.0197705



sable

moyen 39.75 0.0374 0.0148665

sable fin 37.11 0.00655 0.002430705

très fin 23.14 0.0015 0.0003471

0.017644305

Annexe I

Tableau N°49 : Les valeurs des coefficients K dans la relation de Simons et Albertson

	K1	K2	K4
1. Rivages de sable et en bas	6.303	0.41	0.324
2. Banques cohésif et fond de sable	4.74	0.475	0.525
3. Les banques et le bas cohésif	4.63	0.56	0.885
4. Les banques et les bas de grossières	3.44	0.27	

Annexe II

Tableau N°50 : Les valeurs de la vitesse $V\Phi$ en fonction de diamètre des particules dans la relation de Altunin .

Diamètre en mm	$V\Phi$ m/s	Diamètre en mm	$V\Phi$ m/s
		46	1.44
		48	1.47
		50	1.5
1	06	5252	1.54
2.5	0.75	54	1.56
5	0.8	56	1.59
10	0.83	58	1.62
15	0.86	60	1.65
20	0.90	65	1.69
25	0.98	70	1.73
30	1.04	75	1.76
32	1.11	80	1.70
34	1.17	85	1.84
36	1.24	90	1.88
38	1.29	95	1.91
40	1.35	100	1.95
42	1.38	150	2.40
41	1.41	200	2.60

Annexe III

Tableau N°51 : Valeurs de A et m pour les canaux stables Altunin

	Nombre de Froude	Paramètre A		Valeurs exposant m	
		Section a	Type b	lorsque K = 10	Type
Zone haute canal recouvert de pierre	10	0.5	0.75	1.00
Zone de montagne. Canal formé des rochers et des galets de bowling. Pente Rapide et près de la critique.	1.0 ---- 0.5	0.75	0.9	1.00	0.8
Zone au pied de la montagne. Arrivée de la rivière est constitué de galets valle. Cauce , de gravier et de sable. fleuve tranquille	0.5 -- 0.20	0.9	1.0	0.8	0.75
La zone intermédiaire. Manche est constituée de sable grossier, moyen et fin. fleuve tranquille	0.20 -- 0.4	1.0	1.10	0.75	0.70
Région plaine. Canal formé de sable fin.					
a) cours d'eau qui coule	0.20 ---0.2	1.10	1.30	0.75	0.7
b) Cours d'eau à faible débit	0.20—0.40	1.0	1.1	0.75	0.7

Annexe VI

Tableau N°52 les valeurs de paramètre m

Débit m3/s	Paramètre	
	M	Mp
6----14	1,38-1,95	1,54-1,65
3,6--111,9	0, 72-2,06	1,56-1,64
7,7---63,3	1,12-1,57	1,56-1,57
10,9--11,2	1,25-1,26	1,57-1,6
7,21--9,96	1,27-1,44	1,62-1,63
3,5---5,2	1,4-1,58	1,58-1 ,62
3,3---4	1,19-1,26	1,62-1.64
1,22--1,33	1,18	1,61-1,62
1,32---1,68	1,33-1,42	1,63-1,65



Figure (66) vue en plan des sections de l'oued El Arab Babar



Site du projet

Carte de situation du projet